

Evaluación preliminar de *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella* en la planta de abastecimiento de agua potable del corregimiento El Vínculo (Buga -Valle del Cauca).

**Ángela María Arango Arias
Luis Felipe Arteaga Aguilera**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Pregrado en Ingeniería Ambiental
Palmira
2017**

Evaluación preliminar de *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella* en la planta de abastecimiento de agua potable del corregimiento El Vínculo (Buga -Valle del Cauca).

**Ángela María Arango Arias
Luis Felipe Arteaga Aguilera**

**Tesis para optar a título de
Ingeniero Ambiental**

**Directores:
Oscar Eduardo Sanclemente Reyes. PhD.
José Luis García Urdinola. MSc.**

**Línea de Investigación:
Gestión Ambiental y Sustentabilidad**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Pregrado en Ingeniería Ambiental
Palmira
2017**

AGRADECIMIENTOS

A nuestras Familias, por su apoyo y confianza.

Con admiración y gratitud a nuestro Director Oscar Eduardo Sanclemente que con su paciencia, sabiduría, dedicación y orientación fue fundamental para este proyecto de grado.

Al Biol. José Luis García por su orientación y conocimiento.

A los demás docentes que hicieron parte de nuestro aprendizaje.

También agradecidos con los funcionarios de la PTAP del Vinculo, por su apoyo y disponibilidad a lo largo de esta investigación.

Por último, a todas las personas que contribuyeron en este proceso.

RESUMEN

Algunas especies pueden generar problemas ambientales ocasionando cambios en la calidad de agua que alteran ecosistemas e incrementan la población de individuos trayendo consigo riesgo de patógenos y vectores de enfermedades que pueden causar problemas sanitarios y en la salud humana. El presente trabajo de investigación, consistió en la evaluación preliminar de los caracoles *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella* en la planta de abastecimiento de agua potable del Corregimiento el Vínculo (Buga, Valle del Cauca). Se realizó muestras de agua en el río Sonsito, fuente hídrica que suministra a la planta para determinar ciertos parámetros físicos y químicos durante el mes de diciembre de 2016 y abril de 2017; se evaluó el contenido de algas (*Hydrodictyon Reticulatum*) presentes en los tanques con el objetivo de identificar las posibles causas de aparición de los caracoles.

Los resultados arrojaron que en las muestras de agua se identificaron altas concentraciones de nitratos y nitritos incidiendo en la sobrepoblación de algas y problemas de eutrofización. En la matriz DOFA se indicó los agentes de control para su posible aplicabilidad, implementando alternativas y soluciones para la disminución de las especies habitadas en los filtros lentos de arena descendentes aportando métodos favorables para su manejo.

Se concluye que la implementación de la cloración a partir de la matriz realizada ha representado mayores ventajas en su aplicación con dosis moderadas en la reducción de las dos especies registradas, por su parte la socialización aportó la integración de diferentes conceptos transmitiendo los resultados hallados durante la investigación.

Palabras claves: Calidad del agua, eutrofización, *Hydrodictyon Reticulatum*, *Melanoides tuberculata*, *Lymnaea columella*, patogenicidad.

ABSTRACT

Some species can generate environmental problems causing changes in the water quality that alter ecosystems and increase the population of individuals bringing with them risk of pathogens and vectors of diseases that cause problems sanitary and in the health human. The present research work consisted in the integral handling of the snails *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella* in the plant of supply of water from the Corregimiento Vinculo (Buga, Valle del Cauca). It performed samples of the water in the river Sonsito, hydric source that supplies to the plant to determine certain physical and chemical parameters during the month of December, 2016 and in April, 2017. It observed the contents of seaweeds (*Hydrodictyon Reticulatum*) present in the tanks with the objective of identify the possible causes of appearance of the snails.

The results threw that in the water samples were identified high concentrations of nitrates and nitrites insinuating in the overpopulation of seaweeds and problems of eutrophication. The matrix DOFA it indicated the control of agents for its possible applicability, implementing alternatives and solutions to the decrease of the species inhabited in the slow filters of sand descendants contributing favorable methods for its handling.

It concludes that the implementation of the chlorination starting from the matrix performed has represented greater advantages in its application with dosage moderated in the reduction of the two species, by its part the socialization contributed the integration of different concepts transmitting the results found during the investigation.

Key words: water quality, eutrophication, *Hydrodictyon Reticulatum*, *Melanoides tuberculata*, *Lymnaea columella*, pathogenicity.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo general.....	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO	16
3.1. Descripción Taxonómica de las especies <i>Melanoides tuberculata</i> (Müller, 1774) y <i>Limnaea columella</i> (Say, 1817).....	16
3.1.1. <i>Melanoides tuberculata</i>	16
3.1.2. <i>Limnaea columella</i>	18
3.2. Especies invasoras <i>M. tuberculata</i> y <i>L. columella</i>	19
3.3. Patogenicidad parasitaria de <i>M. tuberculata</i>	20
3.3.1. Patogenicidad parasitaria de <i>L. columella</i>	22
3.4. Descripción Taxonómica del alga <i>Hydrodictyon reticulatum</i> (Linnaeus) Lagerheim 1883.....	24
3.4.1. Presencia de Algas en Plantas de abastecimiento de agua para el Consumo Humano	25
3.5. Bioindicadores de calidad del agua.....	26
3.6. Alteración del ciclo del nitrógeno en el proceso de eutrofización	27
3.6.1. Asimilación del Nitrógeno	28
3.6.2. Solubilidad del Nitrato	28
3.6.3. Nitrificación	28
3.6.4. Desnitrificación.....	28
3.7. Eutrofización	29

3.8. Proceso de potabilización del agua en la planta de tratamiento del Corregimiento el Vínculo, Buga - Valle	32
3.9. Tratamientos convencionalmente utilizados para el manejo de algas y caracoles en cuerpos de aguas.....	33
4. Normatividad Colombiana sobre calidad de agua	34
5. METODOLOGIA.....	36
5.1. Localización	36
5.2. Identificación de causas de aparición de los caracoles de agua dulce en los tanques de agua potable de la PTAP del Vínculo	36
5.2.1. Identificación de puntos de muestreo y toma de muestras	37
5.2.2. Transporte de las muestras de agua hasta el laboratorio	38
5.3. Determinación del contenido de nutrientes en laboratorio	39
5.3.1. Método para determinar dureza	39
5.3.2. Método para hallar amonio, nitritos y nitratos	40
5.3.3. Método para medir pH, conductividad y sólidos disueltos	42
5.3.4. Evaluación del contenido de algas en los tanques de agua potable	43
5.4. Caracterización cualitativa del uso del suelo en la cuenca del río Sonsito	44
5.5. Propuesta de soluciones para el manejo y control de los caracoles en los tanques de agua potable.....	45
5.6. Socialización de resultados sobre control y manejo adecuado de los caracoles con los empleados de la planta y las autoridades competentes	46
6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	47
6.1. Identificación de causas de aparición de los caracoles de agua dulce en los tanques de agua potable de la PTAP del Vínculo	47

6.1.1. Resultados de evaluación de parámetros físicos y químicos de muestras de agua.....	47
6.1.2. Resultados del contenido de algas en los tanques de agua potable.....	48
6.2. Propuesta de soluciones para el manejo y control de los caracoles y algas en los tanques de agua potable.....	49
6.3. Socialización sobre control y manejo adecuado de los caracoles con los empleados de la planta y las autoridades competentes	51
6.3.1. Evaluación del impacto de la Reunión.....	51
6.3.2. Cartografía social	53
7. DISCUSIÓN GENERAL.....	55
8. CONCLUSIONES	57
9. RECOMENDACIONES.....	58
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	59
11. ANEXOS.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descripción Morfológica de la <i>M. tuberculata</i> . a) posición frontal de la concha, b) vista dorsal y c) abertura de la concha (opérculo).	16
Figura 2. Población de <i>M. tuberculata</i> en los tanques lentos descendentes.	17
Figura 3. Descripción Morfológica de la <i>L. columella</i> . A: Vista dorsal, B: Vista ventral (superficie frontal de la concha). ec= espira del cuerpo; e= espiral; ap= apertura, Escala: 5 mm.	18
Figura 4. Población de <i>L. columella</i> . . A: se adhiere en las ramas que aparece en la superficie de los tanques y B: acercamiento y agrupación de los caracoles.	19
Figura 5. Ciclo Biológico de la Esquistosomiasis.	21
Figura 6. Ciclo Biológico de la Fasciola hepática.	23
Figura 7. <i>H. reticulatum</i> en un Microscopio Óptico (400x).	24
Figura 8. Acumulación de algas en la planta de abastecimiento de agua potable. En la A y B se realizó la revisión de los tanques mostrando la presencia de la <i>Hydrodictyon Reticulatum</i> en la superficie y profundidad del agua.	25
Figura 9. Crecimiento de las algas (<i>Hydrodictyon Reticulatum</i>) en los tanques de agua. a) En la superficie y b) Profundidad de los tanques en la planta de abastecimiento de agua potable del corregimiento Vínculo – Buga Valle.	29
Figura 10. Procesos que inciden en los cuerpos de aguas naturales que ocasiona la eutrofización.	30
Figura 11. Diagrama Ishikawa. A) Contaminación e incremento de salinización del agua y B) disminución de la concentración de oxígeno disuelto a causa de la eutrofización.	31
Figura 12. Proceso de potabilización del agua en la planta El Vínculo. A) Captación del agua en la bocatoma. B) Cámara de entrada a la planta. C) Filtros dinámicos descendentes. D) Filtros gruesos ascendentes. E) Filtros lentos de arena descendentes. F) Cloración o desinfección.	33
Figura 13. Localización de PTAP en el Corregimiento el Vínculo.	36
Figura 14. Muestreo manual. A) Bocatoma Rio Sonsito. B) Planta de Abastecimiento de agua potable el Vínculo.	37
Figura 15. Muestras recolectadas en la bocatoma y en PTAP del Corregimiento el vínculo.	38
Figura 16. Nevera de icopor con hielo para el transporte de las muestras de agua recolectadas.	39

Figura 17. Reactivo para hallar dureza.	40
Figura 18. Reactivo para hallar amonio.	40
Figura 19. Tiras reactivas del tubo de aluminio Quatofix Nitrat-Nitrit para determinación de nitritos y nitratos.	42
Figura 20. A) Medición del pH B) Medición conductividad. C) Medición sólidos disueltos....	42
Figura 21. A) Extracción de balde con algas de los tanques B) Proceso de filtrado C) Muestra uno y dos D) Peso muestra uno E) Peso muestra dos.....	43
Figura 22. Caracterización del suelo de las cercanías de la subcuenca del río Sonsito.....	44
Figura 23. Ganado en estabulación presente en los alrededores del Río Soncito.....	45
Figura 24. Socialización en la PTAP, Corregimiento El Vínculo, Buga Valle del Cauca.	52
Figura 25. Gráfica encuesta pre.	52
Figura 26. Gráfica encuesta post.	53
Figura 27. Consenso grupal dibujando el diseño de la PTAP.	54
Figura 28. Ilustración del dibujo de los participantes.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Puntajes asignados de las familias de los moluscos.	27
Tabla 2. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice ASPT.	27
Tabla 3. Normatividad Colombiana sobre calidad de agua.	34
Tabla 4. Parámetros físicos y químicos del río Sonsito en la bocatoma y en la planta en el mes de diciembre del 2016 (Tiempo seco).	47
Tabla 5. Parámetros físicos y químicos del río Sonsito en la planta en el mes de abril del 2017 (Tiempo lluvioso).	47
Tabla 6. Matriz DOFA	50

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Folleto del Kit de dureza total.	68
Anexo 2. Test Visocolor ECO Ammonium 3.	68
Anexo 3. Quatofix Nitrat-Nitrit.	69
Anexo 4. Listado de asistencia.	69
Anexo 5. Encuesta pre.	70
Anexo 6. Encuesta post.....	70

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD con PAP (Proyecto académico pedagógico solidario) tiene como uno de sus objetivos generar soluciones desde la academia a necesidades de la comunidad a partir de los programas ofertados. Dentro de la línea de saneamiento básico de la ingeniería ambiental, se abordan diferentes escenarios o problemáticas ambientales como las fuentes y sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano.

Desde el año 2015 en la planta de abastecimiento de agua potable- PTAP se presenta una sobrepoblación de dos especies de caracoles la *M. tuberculata* y *L. columella* en los tanques de agua potable del corregimiento el Vínculo - Buga Valle con una capacidad de tratamiento de agua de 452 m³/día, abasteciendo a una población de 570 personas; estas especies están asociados a algunos patógenos que no deben estar presente dentro de los parámetros de calidad de agua. *M. tuberculata* generadora de una larva parasitaria por medio de vectores causantes de una enfermedad denominada esquistosomiasis del genero *Shistosoma* (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2017) y *L. columella* se ha reportado como huésped intermediario de la fasciola hepática (Salazar *et al.*, 2006).

En la PTAP se continúa presentando la aparición de estas especies junto con ellas la proliferación de algas en los cuatro tanques lentos descendentes creando así una cadena trófica, estas sirven de refugio y de alimentación soportando ciertos niveles de alcalinidad; estos moluscos son bioindicadores y es de importancia para evaluar la calidad del agua permitiendo así el análisis integral del mismo.

Desde la ingeniería hay acciones o medidas ambientales que se pueden llevar a cabo como es la prevención, mitigación y control de las diferentes actividades desarrolladas y aquellos impactos que se pueden generar. En este punto se realizó la caracterización de la zona a partir de información obtenida de la autoridad ambiental Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca- C.V.C donde se concluyó que el manejo y uso del suelo de los alrededores de la subcuenca del río Sonsito donde se suministra la planta de agua potable, tiene predominio de ganadería y producción agrícola.

Se realizó un muestreo en los diferentes puntos de recolección de agua desde la bocatoma hasta la planta posteriormente fueron llevados al laboratorio de la UNAD y se evaluaron

parámetros como: pH, conductividad, sólidos disueltos, amonio, nitrato y nitrito (en los compuestos nitrogenados se realizó un test por determinación colorimétrica) y para las pruebas de dureza por determinación volumétrica en las aguas superficiales y residuales.

Las transformaciones de estos compuestos generalmente se dan de manera natural dependiendo de las interrelaciones de los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas involucrados. La intervención o actividades antropogénicas pueden alterar este ciclo modificando las concentraciones y cambios donde el ciclo del nitrógeno, los nitratos (NO_3^-) en las aguas subterráneas se originan de la descomposición natural por microorganismos de materiales nitrogenados orgánicos (materia orgánica de los seres vivos), estos compuestos pueden ser potencialmente peligrosos en el ambiente cuando son alteradas a causa de contaminación por actividades principalmente agrícolas y ganaderas (Claros, 2012; López & Rubio, 2002; Pacheco *et al.*, 2002).

La problemática en la planta es evidente por la proliferación de algas debido al enriquecimiento de nutrientes en el agua, el aumento de nitratos y fosfatos normalmente provenientes de fertilizantes solubles causando eutrofización, provocando muchas veces que por arrastre o escorrentía lleguen a la fuente hídrica por medio de lixiviación de suelos agrícolas y ganaderos; también la descomposición de materia orgánica de los animales son convertidas en gran medida en amonio, por la acción de las bacterias saprófitas bajo condiciones aerobias y anaerobias (Pacheco *et al.*, 2002; Pérez & Landeros., 2009; López & Rubio, 2002).

Con esta investigación se pretende realizar una evaluación preliminar sobre los caracoles *M. tuberculata* y *L. columella*, hallados en los tanques de agua potable del municipio, como se menciona anteriormente estos moluscos pueden generar complicaciones para la salud humana. En la prevención se sugiere que los productores agrícolas y ganaderos generen reconversión a un sistema libre de aplicación de sustancias químicas, debido a que estas llegan aguas abajo contribuyendo al problema de eutrofización y posteriormente a ello con la aparición de los caracoles.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Realizar evaluación preliminar de poblaciones de *Melanoides tuberculata* y *Limnaea columella* presentes en tanques de la Planta de Abastecimiento de Agua Potable del Corregimiento El Vínculo (Buga Valle).

2.2. Objetivos específicos

- Identificar las causas de aparición de los caracoles de agua dulce en los tanques de agua potable.
- Proponer soluciones para el manejo y control de los caracoles en los tanques de agua potable.
- Socializar los resultados sobre control y manejo adecuado de los caracoles con los empleados de la planta y las autoridades competentes.

3. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO

3.1. Descripción Taxonómica de las especies *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) y *Limnaea columella* (Say, 1817)

Por medio de consulta a expertos de la Universidad del Valle del departamento de biología el malacólogo Jaime Ricardo Cantera¹ y el ficólogo Enrique Javier Peña² se identificaron dos especies de caracoles *M. tuberculata* y *L. columella* y, el alga *Hydrodictyon reticulatum*, principales causantes del proceso de eutrofización en tanques de almacenamiento de agua en la planta de potabilización del Vínculo (Buga- Valle del Cauca).

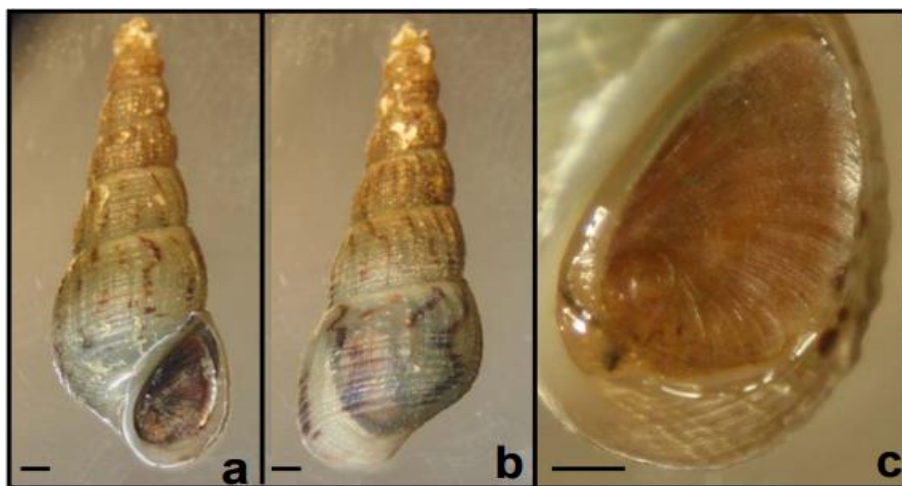
3.1.1. *Melanooides tuberculata*

M. tuberculata pertenece a la clase gastropoda, subclase prosobranchia, orden Neotaenioglossa y de la familia Thiaridae. Esta se caracteriza por su concha mediana, cónica alargada dextrógira, de morfo típico con cinco vueltas convexas, presentando finas líneas espirales y nódulos de forma axial donde su color es café claro y el tamaño de la espira es más grande que la longitud de la abertura (Castillo & Herrera, 2008) como se observa en la figura 1; presentando un mayor ritmo de crecimiento por lo que esta especie es ovovivípara y partenogénesis (García & Carrasco, 2014).

Figura 1. Descripción Morfológica de la *M. tuberculata*. **a)** posición frontal de la concha, **b)** vista dorsal y **c)** abertura de la concha (opérculo).

¹ Biólogo. PhD. Profesor titular de la Universidad del Valle, sede Meléndez (Cali- Colombia). Acceso a CVLAC, URL: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000029840

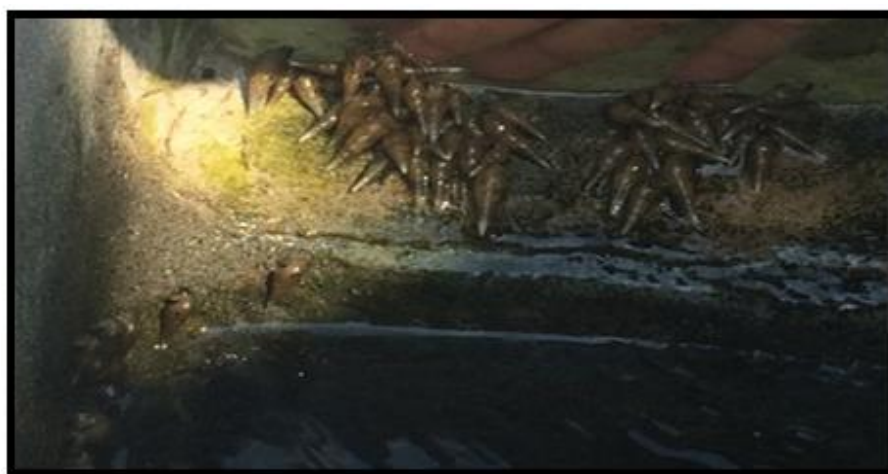
² Biólogo. PhD. Profesor titular de la Universidad del Valle, sede Meléndez (Cali- Colombia). Acceso a CVLAC, URL: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000029335



Fuente: Alves (2009). URL: http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SAGF-8H9QEZ/disserta_o_hudson_alves_pinto.pdf?sequence=1

En la figura 2 se muestra la presencia de estos caracoles en los filtros lentos de arena descendentes donde se compone de cuatro tanques, evidenciando el crecimiento de esta especie en el fondo y alrededores de los mismos y cerca de las canaletas.

Figura 2. Población de *M. tuberculata* en los tanques lentos descendentes.



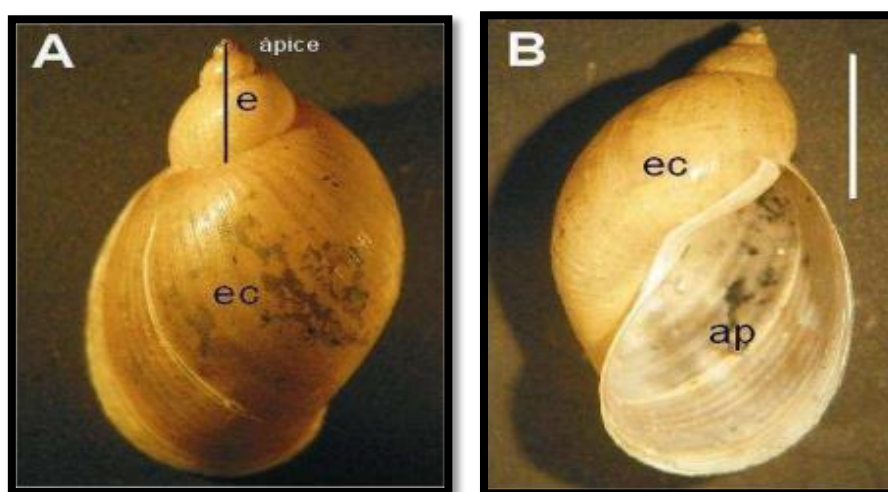
Fotografía: Los Autores (2016).

La principal introducción de la especie *M. tuberculata* es debido al acuarismo y luego es liberada en el agua de desecho, afectando ecosistemas y desplazando especies ocasionando desequilibrio en la biodiversidad de los ambientes donde habitan (Pfeng, Quijón & Recagno, 2014), generalmente abundan en aguas estancadas soportando bajos niveles de oxígeno con ciertos niveles de salinidad, pudiendo colonizar abundantemente e independientemente en el sitio donde se encuentre (Lasso & Sánchez, 2011).

3.1.2. *Lymnaea columella*

Esta especie pertenece a la clase gastropoda, subclase Pulmonata, orden Basommatophora y de la familia Lymnaeidae. Su concha es ovalada y en su mayoría con un caparazón dextrógiro y compuesta por cinco anfractos donde el primero de los anfractos denominado espira del cuerpo tiene alto volumen y mayor longitud que el resto de los anfractos, los cuales se agrupan en la parte distal de la concha formando una espira corto que termina en un ápice puntiagudo teniendo líneas de engrosamiento que son atravesadas por líneas espirales, ocupando dos tercios de longitud total presentando una apertura/altura de la espira como se muestra en la figura 3, esta especie posee dos órganos reproductivos (hermafroditas) y pueden autofecundarse emergiendo los embriones que completan su etapa larval dentro del huevo y su ritmo de crecimiento se hace más rápido en temperaturas más cálidas (Giraldo & Mejía, 2013; Prepelitchi, 2009).

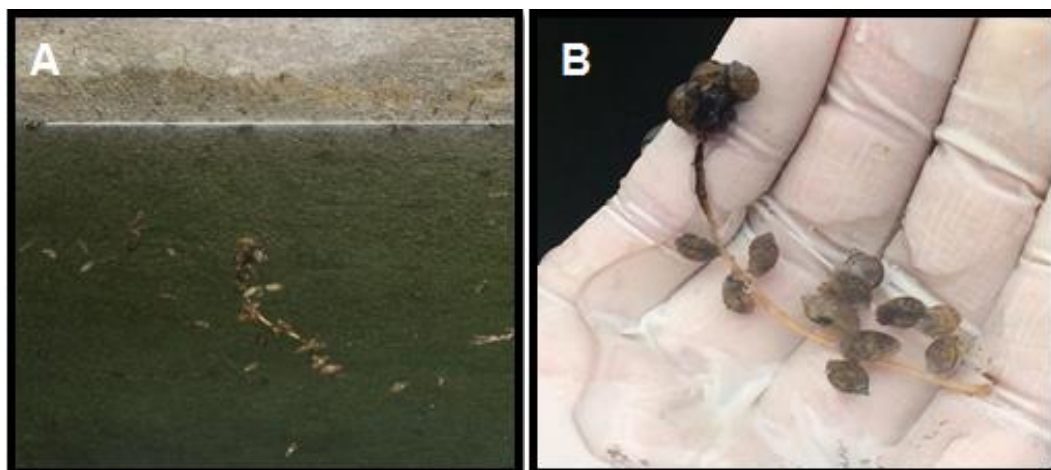
Figura 3. Descripción Morfológica de la *L. columella*. A: Vista dorsal, B: Vista ventral (superficie frontal de la concha). ec= espira del cuerpo; e= espiral; ap= apertura, Escala: 5 mm.



Fuente: Prepelitchi (2009). URL: http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4546_Prepelitchi.pdf

En la figura 4 se muestra los caracoles de la especie *L. columella* en los tanques de agua potable en los filtros lentos de arena descendentes PTAP del Vinculo.

Figura 4. Población de *L. columella*. **A)** Se adhiere en las ramas que aparece en la superficie de los tanques y **B)** Acercamiento y agrupación de los caracoles.



Fotografía: Los Autores (2017).

Las actividades humanas son las principales causas de invasiones en ambientes acuáticos debido a la comercialización de especies, (especialmente por la introducción de moluscos) adaptándose a los incrementos de mineralización presentes en el agua (Pointer *et al.*, 2007; Giraldo & Mejía, 2013). En el caso de *L. columella* han sido reportados como huéspedes intermediarios de la fasciola hepática en Colombia sobre los efectos de la exposición del parásito (Salazar *et al.*, 2006), también en Argentina se han reportado como una especie introducida principalmente en la región noreste y en los diferentes países de Sur América (Prepelitchi, 2009).

3.2. Especies invasoras *M. tuberculata* y *L. columella*

Hay especies que representan un riesgo ambiental a medida que invaden un hábitat siendo esta la más predominante, incluso disminuyendo poblaciones de especies endémicas de la región; las especies invasoras pueden ser una amenaza provocan daños en plantas o industrias, problemas sanitarios y en la salud humana. Entre las especies de moluscos invasoras se encuentran a *Corbicula spp.*, *Acanthina spp.*, *Potamopyrgus antipodarum* y *Melanoides tuberculata* (Aguirre *et al.* 2009; Albarran, Rangel & Gamboa, 2009; Pfeng, Quijón & Recagno, 2014) y en las últimas décadas *Lymnaea columella* se ha mostrado como especie invasiva por la distribución que hay mundialmente (Pointer *et al.*, 2007).

La invasión de *L. columella* tiene consecuencias en la expansión de la fasciolosis por su gran capacidad de colonizar, extendiéndose en distintas áreas y establecerse en muchas

partes del mundo, gracias a su adaptabilidad en el entorno y a una amplia tolerancia a las temperaturas, dependiendo de los ambientes que favorezcan en su desarrollo del hábitat donde se encuentre, siendo esta especie el hospedador intermediario (Vector) pudiendo afectar a los animales (principalmente a los bovinos, ovinos y otros rumiantes) y a los seres humanos; por lo que es esencial diseñar estrategias efectivas para su control (Cabra & Herrera, 2007; Giraldo & Mejía, 2013; Prepelitchi, 2009).

M. tuberculata alcanza densidades altas y se puede propagar rápidamente en cuerpos de agua (como en los ríos, lagos y aguas estancadas) por su forma reproductiva, es una de las especies invasoras de mayor competencia (reduciendo las especies nativas de la región) y transmisor de enfermedades parasitarias (Gillespie & Clague, 2009), siendo una especie potencial y portadora del trematodo causante de la enfermedad de la esquistosomiasis perteneciente del género *schistosoma* (Sri-aroon *et al.*, 2005). Su hábitat prevalece donde haya mayor vegetación (presencia de formación de algas) que se encuentran en la superficie del agua o adheridas en el suelo, este gastrópodo se presenta en sedimentos de arena fina con arcilla, estos dos factores son importantes para su desarrollo; su alimentación es proveniente de la vegetación y a su vez, junto a los sedimentos presentes en el agua sirven de refugio y protección así como para sus fines reproductivos soportando un pH que oscilan entre 7.0 y 8.45 con una concentración de OD (oxígeno disuelto) entre 6.0 y 9.0 mg/L (Pérez *et al.*, 2001).

Debido a la sobrepoblación de *M. tuberculata* y *L. columella*, se deben conocer los riegos asociados a ellas, con el fin de establecer medidas ambientales, evaluando el comportamiento y los efectos que pueden ocasionar, realizando una evaluación preliminar de estas dos especies. (Pfeng, Quijón & Recagno, 2014).

3.3. Patogenicidad parasitaria de *M. tuberculata*

M. tuberculata presenta problemas de sanidad transmitiendo enfermedades como la esquistosomiasis debido a que la mayoría de moluscos dulce acuáticos actúan por medio de vectores y al ingresar estos microorganismos patógenos pueden generar deterioro y consecuencias en la salud humana. La trasmisión se produce en fuentes de agua dulce, pues los huevos del parásito son incubados en el agua para luego ser liberados por caracoles, debido a que los vectores son organismos vivos que pueden transmitir enfermedades infecciosas causados por agentes patógenos hacia el ser humano. Las

enfermedades transmitidas por vectores representan más del 17% de todas las enfermedades infecciosas (OMS, 2016; Salomón & Rumi, 2012).

La esquistosomiasis es una enfermedad parasitaria aguda y crónica causada por trematodos (especies parasitarias), entre las especies trematodos podemos encontrar *S. mansoni*, *S. japonicum*, *S. mekongi*, *S. intercalatum* y *S. guineensis*, generadoras de la esquistosomiasis intestinal y la *S. haematobium* de la esquistosomiasis urogenital. La *S. mansoni* se encuentra en Sur América principalmente en Brasil y Venezuela; la esquistosomiasis intestinal ocasiona síntomas como son: dolor abdominal, diarrea, sangre en las heces y en ocasiones presentar casos de hepatomegalia y esplenomegalia (OMS, 2017).

Según la OMS (2017) la infección se contrae a partir de las actividades agrícolas, domésticas y recreativas en las que hay contacto con aguas infestadas, siendo propenso a esta enfermedad las comunidades que no tienen acceso a agua potable segura o de un saneamiento adecuado, por lo que la enfermedad prevalece más en regiones tropicales y subtropicales; el ciclo empieza cuando el parásito adulto vive en las ramas más pequeñas de las venas mesentéricas intestinales de los individuos infectados poniendo sus huevos llegando a la parte intestinal y estas acaban en las heces, posteriormente las heces llegan a las fuentes de agua, es aquí donde los huevos se convierten en larvas (miracidios).

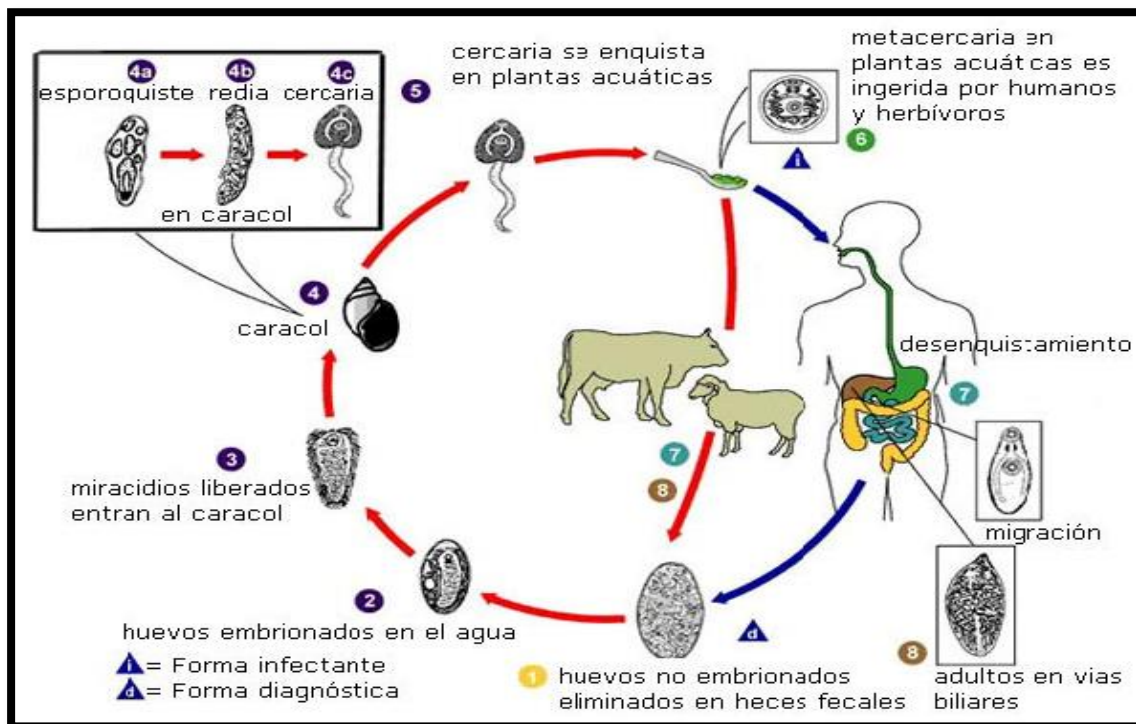
Los miracidios llegan a los caracoles de agua dulce reproduciéndose asexualmente generando otro tipo de larva (cercarías) sirviendo como hospedero de los caracoles son liberadas en el agua; la transmisión a las personas se da cuando las cercarías nadan libremente por el agua penetrando en la piel de los seres humanos, una vez dentro los esquistosómulas (parásitos jóvenes) penetran en los vasos sanguíneos viajando al sistema venoso del hígado madurando en un parásito adulto donde migran hacia las vénulas intestinales donde ponen sus huevos, creando este ciclo parasitario (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2014) como se presenta en la figura 5.

Figura 5. Ciclo Biológico de la Esquistosomiasis.

ganaderas esto se debe por el acceso de áreas húmedas que están presente en plantas acuáticas asociadas a caracoles encontradas de la familia Lymnaeidae actuando como vectores de la *F. hepática* (Giraldo & Mejía, 2013).

El ciclo de vida del parasito empieza por su etapa adulta donde vive en las vías biliares en los humanos y animales infectados poniendo huevos, luego son eliminadas en las heces, posteriormente si estas llegan en cuerpos de agua dulce, los huevos del parasito se convierten en larvas miracidios. Los miracidios ingresan en los caracoles de agua dulce actuando como hospedadores intermediarios, ya teniendo su hospedero se reproducen y generan otro tipo de larvas y se les reconoce como cercarías, la cuales son liberadas en el agua; las cercarías se desplazan hasta las plantas acuáticas o semiacuáticas se adhieren en sus tallos y hojas formando pequeños quistes (metacercarias); la trasmisión a otros animales y a los seres humanos se da cuando ingieren las plantas con quistes actuando como portadoras de la infección, después de su ingestión las metacercarias se desenquistan en el duodeno dando paso a los parásitos jóvenes migrando de esta forma a las paredes intestinales, cavidad peritoneal y al tejido hepático llegando hasta los conductos biliares por lo que aquí comienza su crecimiento en la etapa adulta empezando a poner huevos y por último, terminando su ciclo (OMS, 2007) como se observa en la figura 6.

Figura 6. Ciclo Biológico de la Fasciola hepática.

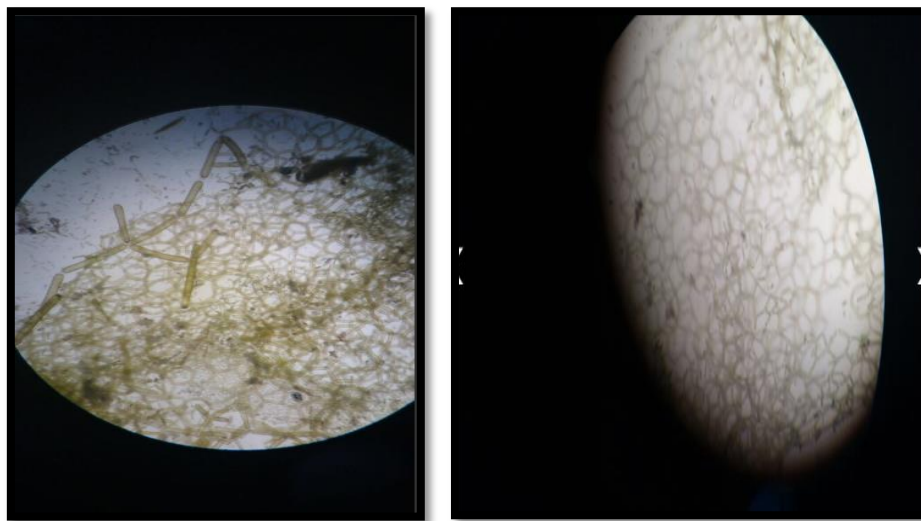


Fuente: CDC. DPDx, Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern. URL: <https://www.cdc.gov/dpdx/fascioliasis/index.html>

3.4. Descripción Taxonómica del alga *Hydrodictyon reticulatum* (Linnaeus) Lagerheim 1883

H. reticulatum pertenece a la clase Chlorophyceae, orden Chlorococcales, de la familia Hydrodictyaceae y originalmente nombrado *Conferva reticulatum* Linnaeus. Se muestra en Coenobia cerrada (colonias con número fijo de células interconectadas e incrustadas) con una red parecida a una seda de células que alcanzan más de 50 cm de largo, mallas de 10 - 15 mm de diámetro claramente visibles en grandes colonias, las células varían considerablemente de tamaño llegando a veces a 10-15 mm de largo de forma cilíndricas, conectadas por sus bordes para formar mallas de 5 lados; estas algas normalmente permanece en la superficie experimentando cambios como la repentina desaparición poco después reaparecen rápidamente y en su acumulación pueden ocasionar daños en las aguas. (John, Brook & Whitton, 2002). Reconocimiento del alga *Hydrodictyon Reticulatum*, como se muestra en la figura 7 desde una vista microscópica con un objetivo de 10 x 40.

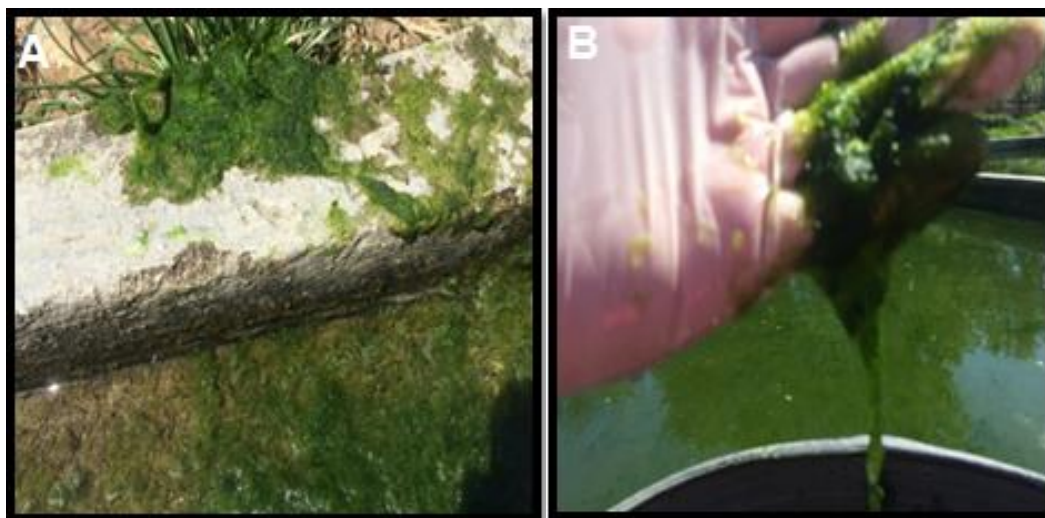
Figura 7. *H. reticulatum* en un Microscopio Óptico (400x).



Fuente: Peña (2017). Universidad del Valle: Departamento de Biología

Las algas realizan su proceso de fotosíntesis en la que liberan o desprenden oxígeno, pueden ser unicelulares o pluricelulares, son filamentosas y pueden formarse en colonias; están basadas en sus propiedades celulares como su naturaleza química de la pared celular, materiales orgánicos de reservas, pigmentos fotosintéticos, existencia y tipo de flagelos (Galvín, 2003). En la figura 8, se muestra la acumulación de las algas en la planta.

Figura 8. Acumulación de algas en la planta de abastecimiento de agua potable. En la **A** y **B** se realizó la revisión de los tanques mostrando la presencia de la *Hydrodictyon Reticulatum* en la superficie y profundidad del agua.



Fotografías: Los Autores (2017)

3.4.1. Presencia de Algas en Plantas de abastecimiento de agua para el Consumo Humano

Según Flórez y Porras (2012), el agua en las capas superiores presenta un alto crecimiento de algas, cuando las condiciones de nutrientes (nitrógeno – fosforo) y temperaturas son favorables; las algas son organismos unicelulares que se encuentran en la superficie del agua y producen su propio alimento en la fotosíntesis, tienen estructuras reproductivas simples y sus tejidos no están diferenciados; en las plantas de abastecimiento de agua potable podemos encontrar las siguientes especies: *Asteriomella* spp., *Anabaena* spp., *Anacystis* spp., *Aphanizomeno* spp., *Ceratium* spp., *Dinobryomss* spp., *Geratium* spp., *Gomphosphaeria* spp., *Hydrodictctyon* spp., *Mallomonas* spp., *Nitella* spp., *Pandorina* spp., *Peridinium* spp., *Saturastrumpss* spp., *Synedra* spp., *Synura* spp., *Tabellarina* spp., *Uroglenopsis* spp y *Volvox* spp.

3.5. Bioindicadores de calidad del agua

Los parámetros tradicionalmente analizados dentro de la calidad del agua son microbiológicos y fisicoquímicos evaluando niveles de las cantidades presentes en el agua, el tema de los bioindicadores es uno de los patrones que se considera para evaluar la presencia de contaminación del mismo; los investigadores proponen macroinvertebrados como indicadores de contaminación, las comunidades de diferentes especies se conforman por insectos, moluscos, platelmintos y crustáceos principalmente, usados integralmente para monitorear la calidad del agua (Pérez, 2016). Los países Europeos y Estados Unidos han utilizado este método considerando los más apropiados para la evaluación de las aguas, el bioindicador se define en conocer la flora y fauna acuática del sector de estudio en la identificación del organismo (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR, 2012).

Los macroinvertebrados se han considerado como los mejores indicadores de calidad del agua por las siguientes razones: su fácil identificación, en corto tiempo presentan variaciones ambientales, por su gran distribución y abundancia son fáciles de recolectar, poseen ciclos largos de vida y responden rápidamente a cambios ambientales (CAR, 2012).

En Colombia se emplea el método Biological Monitoring Working Party (BMWP), que consiste en el uso de macroinvertebrados como bioindicadores para determinar la calidad del agua, con su implementación se pretende llegar hasta el nivel de familias proporcionando la información de los organismos que habitan en el agua, permitiendo evaluar la calidad del ecosistema acuático de las especies presentes; a cada especie se atribuye un valor determinado de acuerdo con la tolerancia a la contaminación que va de 1 a 10, las familias más tolerantes obtienen menor puntuación mientras que otras presentan mayor puntuación (representación la aceptabilidad o aguas no contaminadas). Por último, la suma de los valores obtenidos para cada familia en el punto de muestreo representa el grado de contaminación, es decir a mayor suma menor contaminación (Álvarez, 2005). El Average Score per Taxon (ASPT) es el puntaje promedio y se valora dividiendo el puntaje total BMWP por el número de los taxones calificados en la muestra, evidenciando el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados, los valores del ASPT van de 0 a 10 indicando que los valores más bajos presentan condiciones graves de contaminación (Álvarez, 2005).







Las especies *M. tuberculata* (familia Thiaridae) con puntaje 5 y *L. columella* (familia Lymnaeidae) con puntaje 6, son bioindicadoras de acuerdo con los métodos del BMWP y ASPT (Tabla 1). Con base a valores de ASPT, se observa que estas especies se incrementan en población en aguas moderadamente contaminadas, siendo utilizadas como bioindicadoras de contaminación como se muestra en la Tabla 2 (Álvarez, 2005; CAR, 2012).

Tabla 1. Puntajes asignados de las familias de los moluscos.

Familias	Puntajes
Lymnaeidae	6
Thiaridae	5

Fuente: Álvarez (2005). URL: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/20.500.11761/31357/1/05-0424PS.pdf>

Tabla 2. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice ASPT.

Clase	Calidad	Valor del ASPT	Significado	Color
I	Buena	>9-10	Aguas muy limpias	
		>8-9	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	>6.5-8	Ligeramente contaminada: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	>4.5-6.5	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	>3-4.5	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	1-3	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Fuente: Álvarez (2005). URL: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/20.500.11761/31357/1/05-0424PS.pdf>

En la actualidad, no existen reglamentos para trabajos de bioindicación de calidad del agua en Colombia, que ayuden a la comparación de estudios efectuados por lo que es necesario la estandarización de normas para los muestreos que permitan un análisis integral de los recursos hídricos (Pérez, 2016).

3.6. Alteración del ciclo del nitrógeno en el proceso de eutrofización

El ciclo del nitrógeno es uno de los más importantes nutrientes en los ecosistemas terrestres que implica procesos microbiológicos como son la asimilación del nitrógeno, solubilidad del nitrato, nitrificación, desnitrificación, entre otros (Hayatsu *et al.*, 2008). Este ciclo biogeoquímico depende del equilibrio dinámico de la biosfera pasando por distintos cambios químicos y biológicos en la Tierra; este se altera por la eutrofización.

3.6.1. Asimilación del Nitrógeno

La asimilación de nitrógeno es la fase donde las plantas por medio de sus raíces absorben el nitrato o amonio, después de este proceso las plantas las transforman en proteínas; esta asimilación requiere una serie de reacciones bioquímicas con un costo energético alto durante la absorción del nitrato (NO_3^-) (Pereyra, 2001), el proceso de asimilación es soluble al agua donde las algas lo aprovechan metabólicamente.

3.6.2. Solubilidad del Nitrato

Los iones de nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-) son de origen natural que forma parte del ciclo del nitrógeno; estos son compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno generalmente el nitrito (NO_2^-) se convierte en nitrato (NO_3^-), naturalmente es encontrado en el suelo y agua usualmente a bajas concentraciones, no obstante es altamente soluble en agua; la temperatura influye en la solubilidad, a mayor temperatura mayor solubilidad ocasionando una reacción endotérmica al solubilizarse en el agua (Guzmán & Rodríguez, 2004; Sigler & Bauder, 2012).

3.6.3. Nitrificación

La nitrificación es la conversión aerobia del nitrógeno amoniacal, utilizando bacterias quimio autótrofas tomando la energía de oxidación en los compuestos inorgánicos presentándose primordialmente por nitrosomonas y nitrobacterias, la transformación se empieza de amonio a nitrito y este a nitrato; este proceso se puede dar de manera natural por la oxidación en los cuerpos de agua ocasionando consumo de oxígeno por lo que las reacciones de oxidación del NH_4^+ , son particularmente fuentes de acidez en los sistemas acuáticos (Cárdenas & Sánchez, 2013). En la fase de oxidación el nitrato representa la fase más alta en el ciclo del nitrógeno y alcanza normalmente, concentraciones importantes en las etapas finales de la oxidación biológica (Fuentes & González, 2007).

3.6.4. Desnitrificación

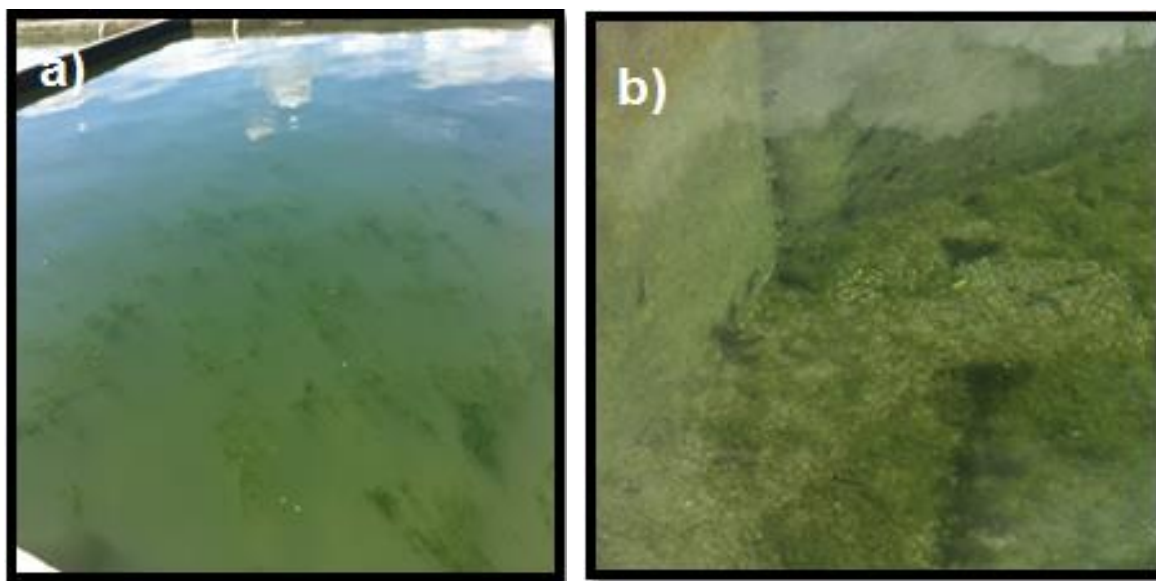
La desnitrificación es la reducción resultante de los nitritos y nitratos en la fase de nitrificación, este proceso se lleva a cabo con especies bacterianas reemplazando el

oxígeno en la cadena de transportes de electrones (respiración microbiana) es decir, en ambientes carentes de oxígeno, este proceso provoca incremento del pH debido a un aumento de alcalinidad presente en el medio (Claros, 2012; López, 2008; Martín, 2006).

3.7. Eutrofización

El proceso de eutrofización provoca cambios en el agua causados por el aumento de nutrientes presentes en ellas como niveles altos de amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), aumento de población de algas y disminución del oxígeno disuelto desmejorando la calidad del agua y los organismos o especies habitadas en ellas, creando un ambiente eutrofizado (Abella *et al.*, 2012; Claros, 2012; Zouiten, 2012). En la figura 9, se ilustra el aumento de algas en los tanques de los filtros lentos de arena descendente.

Figura 9. Crecimiento de las algas (*Hydrodictyon Reticulatum*) en los tanques de agua. **A)** En la superficie y **B)** Profundidad de los tanques en la planta de abastecimiento de agua potable del corregimiento Vínculo – Buga Valle.

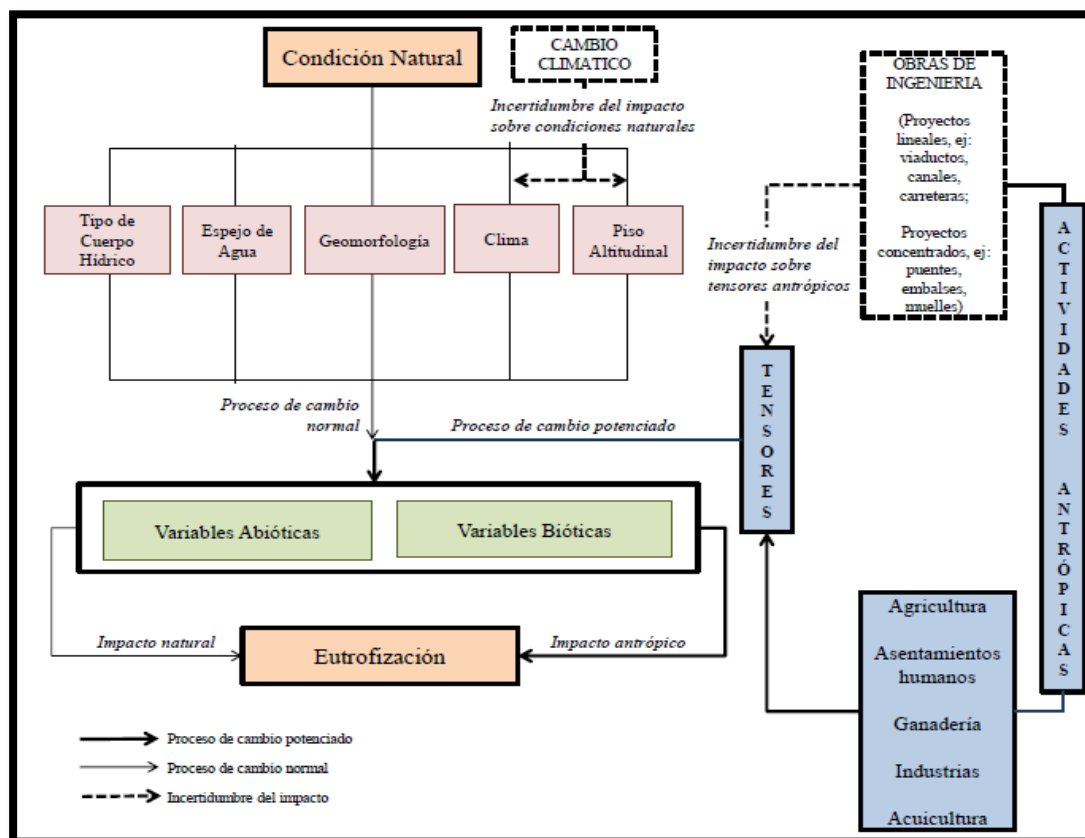


Fotografías: Los Autores (2017)

Los principales nutrientes responsables de la eutrofización son: Carbono, Fósforo y Nitrógeno, que incrementan las poblaciones de algas. Estos elementos, se presentan en formas moleculares como carbonatos, fosfatos y nitratos, muchos de ellos provenientes de actividades antrópicas como agricultura, ganadería, acuicultura, aguas residuales de los asentamientos humanos y procesos industriales; se solubilizan fácilmente en medio

acuático, afectando de esta forma los ecosistemas (Vázquez *et al.*, 2012; Zouiten, 2012). En la figura 10, se presenta un diagrama de los procesos de eutrofización e impactos que contribuyen en la contaminación del agua.

Figura 10. Procesos que inciden en los cuerpos de aguas naturales que ocasiona la eutrofización.

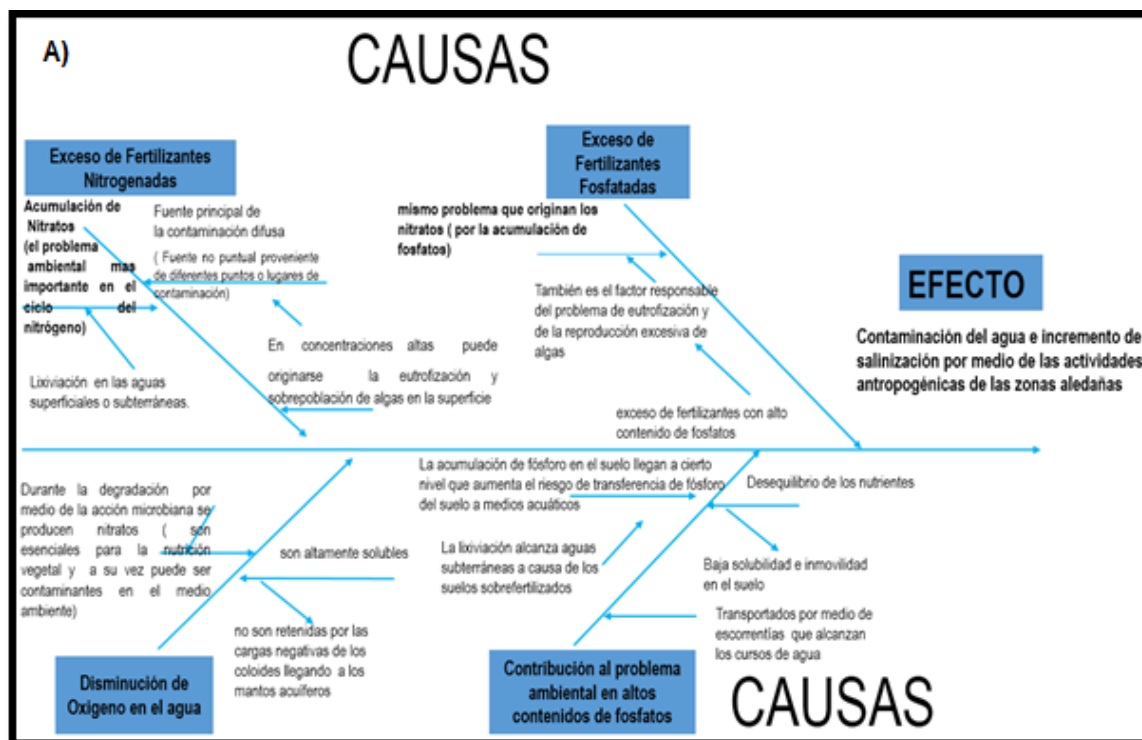


Fuente: Vázquez *et al* (2012).

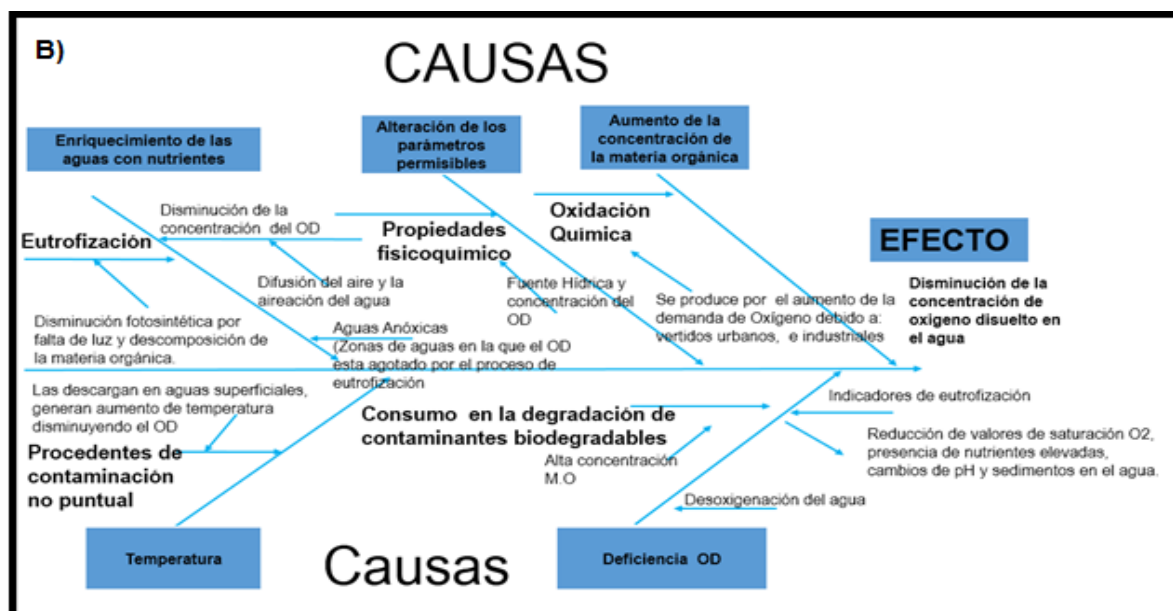
URL: <http://www.ojs.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/index.php/accb/article/download/81/81>.

En las actividades antrópicas se producen diferentes situaciones e impactos ambientales como son: acumulación de materia orgánica por lixiviación a partir de soluciones nitrogenadas en suelos subyacente, manejo inadecuado de fertilizantes nitrogenadas y fosforadas por dosificaciones altas, descargas en aguas superficiales, incremento de salinización y cambios de alcalinidad del agua (Peña, Palacios & Ospina, 2005; Ruda, Mongiello & Acosta, 2004); en la figura 11, se realiza un diagrama que resaltan los posibles efectos, causas de las actividades antrópicas y la calidad del agua del proceso de eutrofización.

Figura 11. Diagrama Ishikawa. **A)** Contaminación e incremento de salinización del agua y **B)** Disminución de la concentración de oxígeno disuelto a causa de la eutrofización.



Fuente: Elaboración propia adaptado de los autores cabildo *et al* (2013); Martínez *et al* (2011)., Universidad Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico (2011).



Fuente: Elaboración propia adaptado de los autores Peña, Palacios & Ospina (2005); Ruda, Mongiello & Acosta (2004). Vázquez *et al* (2012).

Otros problemas ambientales que podemos encontrar son: el empobrecimiento de los ecosistemas acuáticos, alteración de la biota (presencia de diferentes especies en un ecosistema), aumento de sedimentación en los cuerpos de agua, bioacumulación de sustancias tóxicas, proliferando organismos patogénicos y vectores de enfermedades (Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina - RAPAL ,2010); por lo que es necesario crear mejores técnicas para la detección de agentes contaminantes y estrategias ambientales para evitar la minimización de los efectos negativos sobre los componentes abióticos y bióticos en los recursos hídricos para los problemas de eutrofización (Martínez *et al.*, 2011; Vázquez *et al.*, 2012).

3.8. Proceso de potabilización del agua en la planta de tratamiento del Corregimiento el Vínculo, Buga – Valle del Cauca

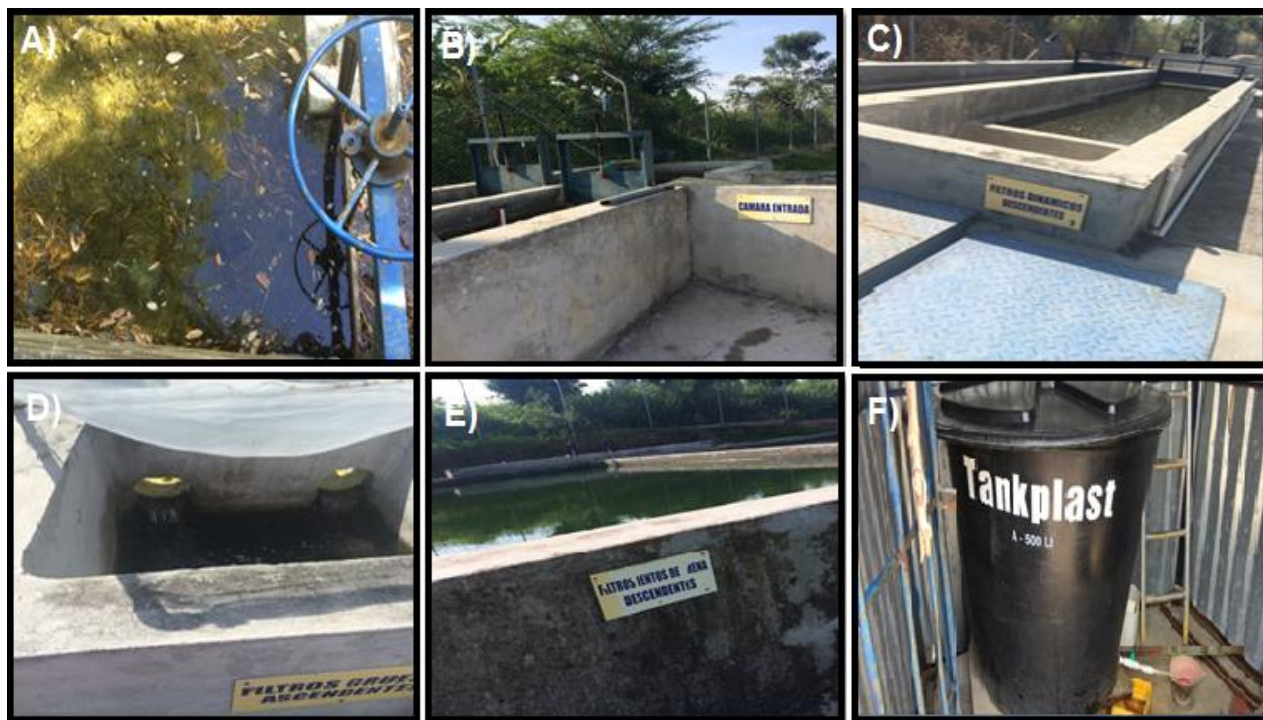
La calidad del agua se refiere a sus características físicas, químicas y microbiológicas; cuando ésta es debidamente tratada, se denomina agua potable, después de su potabilización el agua queda absolutamente apta para el consumo humano; en las plantas de tratamiento de agua potable generalmente utilizan series de secuencia de procesos; después del filtrado, le añaden coagulantes químicos al agua, luego pasa a la sedimentación o decantación y por último la desinfección.

En estas plantas potabilizadoras le agregan sustancias químicas al agua para neutralizar y desestabilizar las partículas entre líquidas y sólidas, posteriormente a ello la mayoría de los sólidos se ha sedimentado, ocurre alguna forma de filtración por medio de arena y piedras; en esta etapa de filtrado el agua elimina el resto de partículas que no se eliminó en la sedimentación pasando a la desinfección, después de la desinfección se pueden agregar algunos productos químicos para estabilizar el pH y prevenir la corrosión del sistema de distribución; se puede usar el intercambio iónico o carbón activado en algunas partes del proceso con el propósito de eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos (National academy of sciences, 2007).

En la planta de tratamiento de agua potable del Vínculo, el proceso que se utiliza es el siguiente: Inicialmente su recolección es en la bocatoma, donde el agua es captada del río Sonsito, luego por medio de tuberías baja a la planta de tratamiento hasta la cámara de entrada, de allí pasa a los filtros dinámicos descendentes, seguidamente pasa a los filtros gruesos ascendentes, luego pasa filtros lentos de arena descendentes, la filtración se lleva a cabo en un medio filtrante constituido por arena y piedras, y por ultimo pasa a la cloración,

también conocido como desinfección donde se destruyen las bacterias; la descripción de este proceso se ilustra en la figura 12.

Figura 12. Proceso de potabilización del agua en la planta El Vínculo. **A)** Captación del agua en la bocatoma. **B)** Cámara de entrada a la planta. **C)** Filtros dinámicos descendentes. **D)** Filtros gruesos ascendentes. **E)** Filtros lentos de arena descendentes. **F)** Cloración o desinfección.



Fotografías: Los Autores (2017)

3.9. Tratamientos convencionalmente utilizados para el manejo de algas y caracoles en cuerpos de aguas

Hilleboe (1998), citado por Flórez y Porras (2012) indica que para prevenir la formación de algas y otros microorganismos se realizan tratamientos preventivos como aplicación de sulfato de cobre y cloro. En el primer caso, se añade sulfato de cobre al agua se requiere una concentración moderada de 0,3 mg/L, al aplicarse a intervalos de 2 a 4 semanas en verano y es eficaz durante todo el año aplicando 0,18 mg/L distribuyendo uniformemente en la superficie para que no ocurra una proliferación de algas. La dosificación se puede realizar con dosificadores de sustancias químicas o con tanques de soluciones preparadas con un dispositivo para regular la descarga. En el segundo caso, las concentraciones de cloro residual libre que destruyen la mayoría de algas son de 0.2 a 1 mg/L con el fin de prevenir la proliferación de algas y se debe estabilizar el cloro con amoníaco (para evitar el aumento de las concentraciones añadidas).

En el manejo del parásito producido por el caracol se conoce el Lomper (mebendazol) usado para tratar infecciones parasitarias tiene una absorción errática y presenta baja toxicidad aunque en escasa potencialidad. (Hospital Universitario Son Dureta, 2010; Pérez *et al.*, 2010). Otros productos identificados son los floculantes, como menciona Restrepo (2009) la floculación se debe hacer junto con la coagulación para la obtención de resultados óptimos, estos reúnen microflóculos para formar partículas superiores al del agua y presentando compactación del flóculo, así disminuye su grado de hidratación produciendo alta eficiencia en los procesos posteriores que son sedimentación y filtración.

4. Normatividad Colombiana sobre calidad de agua

La Tabla 3 hace referencia al régimen normativo Colombiano sobre los aspectos que regulan o establecen la protección, control y demás criterios que contemplan la calidad del agua para consumo humano desde el decreto 2811 de 1974 hasta la más reciente norma que es el decreto 3930 de 2010 expedida por el gobierno Nacional.

Tabla 3. Normatividad Colombiana sobre calidad de agua.

Norma	Aspecto de la norma	Artículos /Capítulos Principales
Decreto 2811 de 1974	La importancia de la protección de los recursos naturales para la conservación y cuidado del medio ambiente como se menciona el Código Nacional de Recursos Naturales (CNRN)	Todo el documento
Ley 99 de 1993	Para la gestión y preservación del medio ambiente junto con la conservación de los recursos naturales renovables se consideran los principios generales del SINA mencionando aspectos de la biodiversidad, consumo y sostenibilidad.	Artículo 3, 4, 5 y 13
Ley 373 de 1997	Consiste en la protección y uso eficiente del agua garantizando la sostenibilidad de este recurso creando medidas para su conservación y uso adecuado.	Todo el documento
Resolución 1096 del 2000	Promover la calidad de agua potable para los diferentes sectores, del mismo modo garantizar el mejoramiento de los equipos o sistemas, siendo un reglamento para el manejo de este recurso	Todo el documento
Decreto 140 de 2003	En relación a los criterios sanitarios de la calidad de agua para consumo humano, siendo importante para revisar que no contengan contaminación o microorganismos patógenos	Todo el documento
Decreto 1575 de 2007	Es importante las medidas ambientales para el sistema y calidad del agua para manejar y evitar los riesgos que afecten a la salud humana	Todo el documento

Resolución 2115 de 2007	Evaluar los niveles máximos permisibles según las características físicas y químicas, estableciendo un sistema de control y vigilancia sobre la calidad del agua.	Todo el documento
Resolución 1508 de 2010	Promover medidas para el uso excesivo del agua potable, establecer medidas económicas (cobros, recaudos) para el uso eficiente y ahorro.	Todo el documento
Decreto 3930 de 2010	Control sobre los vertimientos en aguas superficiales o subterráneas evitando que formen puntos de contaminación, garantizando el cuidado del agua.	Capítulo III “Ordenamiento del recurso Hídrico” (Artículos 4, 5 y 8), Capítulo IV “Destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas y marinas” (Artículo 9 y 10) y Capítulo V “Criterios de calidad para destinación del recurso” (Artículo 19 y 23).

Fuente: Los autores (2017), adaptado de la normatividad colombiana vigente.

5. METODOLOGIA

5.1. Localización

La toma de muestras se realizó en la PTAP ubicada en el corregimiento el Vínculo Jurisdicción del municipio de Buga (Valle del Cauca) con coordenadas 3 ° 48 '56.76 "Norte, 76 ° 18' 22.33" Oeste y 979 m.s.n.m. (Google Earth), como se muestra en la figura 13. Las muestras se tomaron en el mes de diciembre de 2016 (tiempo seco) y el mes de abril 2017 (tiempo lluvioso).

Figura 13. Localización de PTAP en el Corregimiento el Vínculo, Buga (Valle del Cauca).



Fuente: Google Earth. URL: <https://earth.google.com/web/>

5.2. Identificación de causas de aparición de los caracoles de agua dulce en los tanques de agua potable de la PTAP del Vínculo

Para analizar y controlar las causas de aparición de los caracoles de agua dulce en los tanques de agua potable, se realizó análisis de muestras de agua del río Sonsito, fuente hídrica que suministra a la planta de abastecimiento de agua potable del Corregimiento el Vínculo (Buga Valle) donde se recolectó muestras de agua para evaluar las condiciones que presenta el mismo. Estas muestras se recolectaron en la Bocatoma y en los diferentes

procesos efectuados en la planta; por lo anterior se pudo realizar diferentes muestreos para este caso se utilizó el muestreo manual, como se indica en la figura 14. Se procedió a tomar la muestra en sitios de fácil acceso y se realizaron observaciones a los cambios que se presentan en el agua (color, olor, turbidez, sustancias flotantes, entre otras características que se puedan observar). Este tipo de muestro se usa en cuestión de control y vigilancia (Instituto Nacional de Salud, 2011).

Figura 14. Muestreo manual. **A)** Bocatoma Río Sonsito. **B)** Planta de Abastecimiento de agua potable el Vínculo.



Fotografías: Los autores (2016).

5.2.1. Identificación de puntos de muestreo y toma de muestras

Para la identificación de puntos de muestreo, fue necesario hacer una visita de inspección a lo largo de la fuente hídrica, desde la bocatoma hasta la planta de abastecimiento de agua potable. En este recorrido se pudo identificar y clasificar los diferentes puntos de muestreo, los cuales fueron escogidos de acuerdo con el tipo de actividad que allí se desarrolla. Para la recolección de las muestras de agua se tuvo en cuenta un periodo seco y un periodo lluvioso. Estas se realizaron en tres puntos, inicialmente fue en la bocatoma, luego en el proceso (tanques donde aparecen los caracoles) y después del proceso. Estas muestras se recolectaron en el mes de diciembre de 2016 (periodo seco) un total de 9 muestras (figura 15), 3 en cada punto de muestreo. Las muestras se tomaron de manera aleatoria y para cada muestra recolectada se emplearon materiales, equipos y recipientes debidamente esterilizados, rotulados y con los indicadores. La segunda toma de muestras de agua se realizó en el mes de abril de 2017 (periodo lluvioso).

Figura 15. Muestras recolectadas en la bocatoma y en PTAP del Corregimiento el Vínculo.



Fotografías: Los autores (2016).

5.2.2. Transporte de las muestras de agua hasta el laboratorio

Se transportaron las muestras de agua en una nevera de icopor (figura 16) con hielo al laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD para su correspondiente análisis. De acuerdo con el Instituto Nacional de Salud (2011), el proceso para el transporte de muestras de agua es el siguiente:

- ✓ Para muestras refrigeradas se debe entregar certificación al laboratorio, donde se especifique que las muestras de agua potable transportadas en frío debe tener un tiempo determinado (no transcurrir más de 24 horas) desde el momento de su recolección hasta su llegada al sitio de análisis. Empacando los recipientes en neveras de icopor con hielo, para evitar rupturas o pérdidas durante el transporte (la refrigeración se recomienda a estar a 4 °C).
- ✓ Para muestras no refrigeradas se debe entregar rápidamente al laboratorio, ya que no deben transcurrir más de 6 horas desde el momento de recolección hasta su llegada al sitio de análisis, los recipientes deben estar correctamente sellados evitando el deterioro de la muestra durante el transporte.

Figura 16. Nevera de icopor con hielo para el transporte de las muestras de agua recolectadas.



Fotografías: Los autores (2016).

5.3. Determinación del contenido de nutrientes en laboratorio

La determinación del contenido de nutrientes se realizó en el laboratorio multipropósito de la UNAD, sede Palmira. Se determinaron en las muestras de agua los contenidos de carbonatos, nitratos, nitritos, amonio, sólidos disueltos, así como los parámetros pH, conductividad eléctrica y dureza. Esta última variable se halló por medio del kit visocolor ECO Dureza total, empleado comúnmente para determinación volumétrica de la dureza total en las aguas superficiales y residuales.

5.3.1. Método para determinar dureza

- ✓ Se llenó el recipiente de prueba con 5mL del agua de las muestras.
- ✓ Se añadió dos gotas de GH-1, se mezcló invirtiendo el recipiente. La prueba de agua se colorea roja. La coloración verde indica que no hay formadores de dureza como se indica en la figura 17.

Figura 17. Reactivo para hallar dureza.



Fotografía: Los autores (2017)

- ✓ Se mantuvo perfectamente vertical el frasco cuentagotas GH-2. Se añadió gota a gota GH-2, al respecto se mezcla la prueba por inversión hasta que se coloree verde. Se contaron las gotas. Una gota corresponde a un grado de dureza total (°d). (En la cuarta gota se dio el cambio de color). Según la tabla de conversión (Anexo 1) indica que por cuatro gotas (4 grados de dureza total) el nivel de carbonato de calcio (CaCO_3) es de 71 mg/L y el nivel de óxido de calcio (CaO) fue de 40 mg/L.

5.3.2. Método para hallar amonio, nitritos y nitratos

Por medio del kit visocolor ECO Ammonium 3 (Anexo 2) y Quatofix Nitrat-Nitrit (Anexo 3) se realiza un test por determinación colorimétrica de los iones de amonio en aguas superficiales y residuales como se muestra en la figura 18 (al igual para los nitratos/nitrito).

Figura 18. Reactivo para hallar amonio.



Fotografía: Los autores (2017)

A partir de los iones de amonio, aparece por actuación del cloro en medio alcalino, monocloramina. Esta forma con timol un colorante de indofenol azul. Para la realización de este método el test contiene lo siguiente:

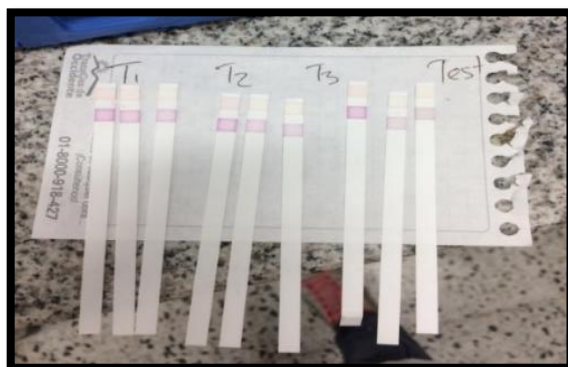
- ✓ 30 mL NH_4 -1
- ✓ 2,5 g NH_4 -2
- ✓ 6 mL NH_4 -3
- ✓ 1 cuchara medidora 70 mm
- ✓ 2 tubos de medida con tapón
- ✓ 1 comparador deslizante
- ✓ 1 tarjeta de comparación de colores
- ✓ 1 jeringa de plástico de 5 mL
- ✓ 1 instrucciones de uso

Se llenaron ambos tubos de medida con 5 mL de la muestra, se utilizó la jeringa de plástico, luego se colocó un tubo de medida en la posición A del comparador, después se adiciona los reactivos solamente en el recipiente de medida B.

1. Se añadió 10 gotas de NH_4 -1, se cerró el tubo y se mezcló.
2. Se añadió 1 cuchara medidora rasa de NH_4 -2, se cerró el recipiente, se agitó hasta que se disolvió el polvo. Se esperó 5 min.
3. Se añadió 4 gotas NH_4 -, se cerró el recipiente y se mezcló.
4. Después de 7 minutos se abrió el recipiente y se coló en la Pos. B del comparador.
5. Se desplazó el comparador hasta alcanzar la igualdad de color en la parte transparente, se hizo la lectura del valor de medida en la muestra de la lengüeta del comparador. Los valores intermedios pueden interpolarse.
6. Después del uso de ambos recipientes de medida se procede a limpiar a fondo y cerrar.

Para la determinación de nitratos y nitritos se procede a realizar con las tiras reactivas del tubo de aluminio Quatofix Nitrat-Nitrit (figura 19), este procedimiento se realizó de la siguiente manera:

Figura 19. Tiras reactivas del tubo de aluminio Quatofix Nitrat-Nitrit para determinación de nitritos y nitratos.



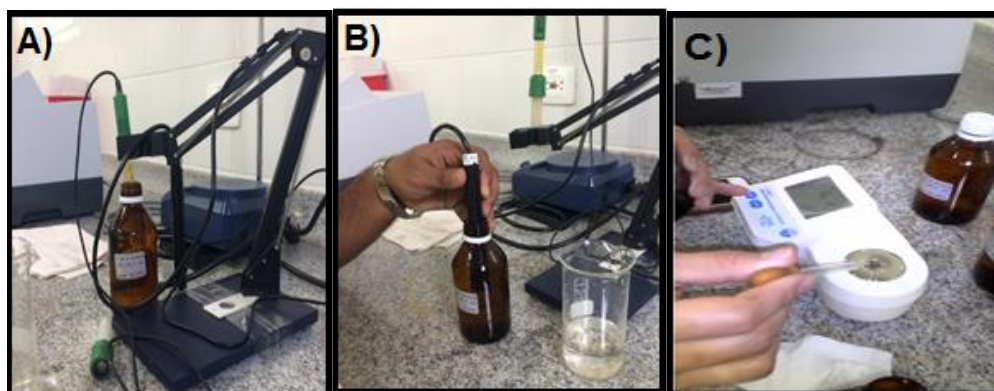
Fotografía: Los autores (2017)

1. Se sumergió la tira reactiva con ambas almohadillas por 1 s en la muestra (pH 1-9).
2. Se agitó un poco para eliminar el exceso de líquido.
3. Se esperó sesenta segundos.
4. Se comparó la almohadilla reactiva con la escala de colores. (En presencia de iones de nitrato, la almohadilla reactiva en la punta de la tira se tornara violeta rojizo. La almohadilla que se encuentra encima muestra la concentración de nitrito).

5.3.3. Método para medir pH, conductividad y sólidos disueltos

Para la medición del pH y conductividad se utilizó el pH-metro, donde se midió la alcalinidad o ácidos del agua de las muestras recolectadas; también se midió los sólidos disueltos con el Instrumento de medición TDS (Total sólidos disueltos), como se indica en la figura 20.

Figura 20. A) Medición del pH. B) Medición conductividad y C) Medición sólidos disueltos.



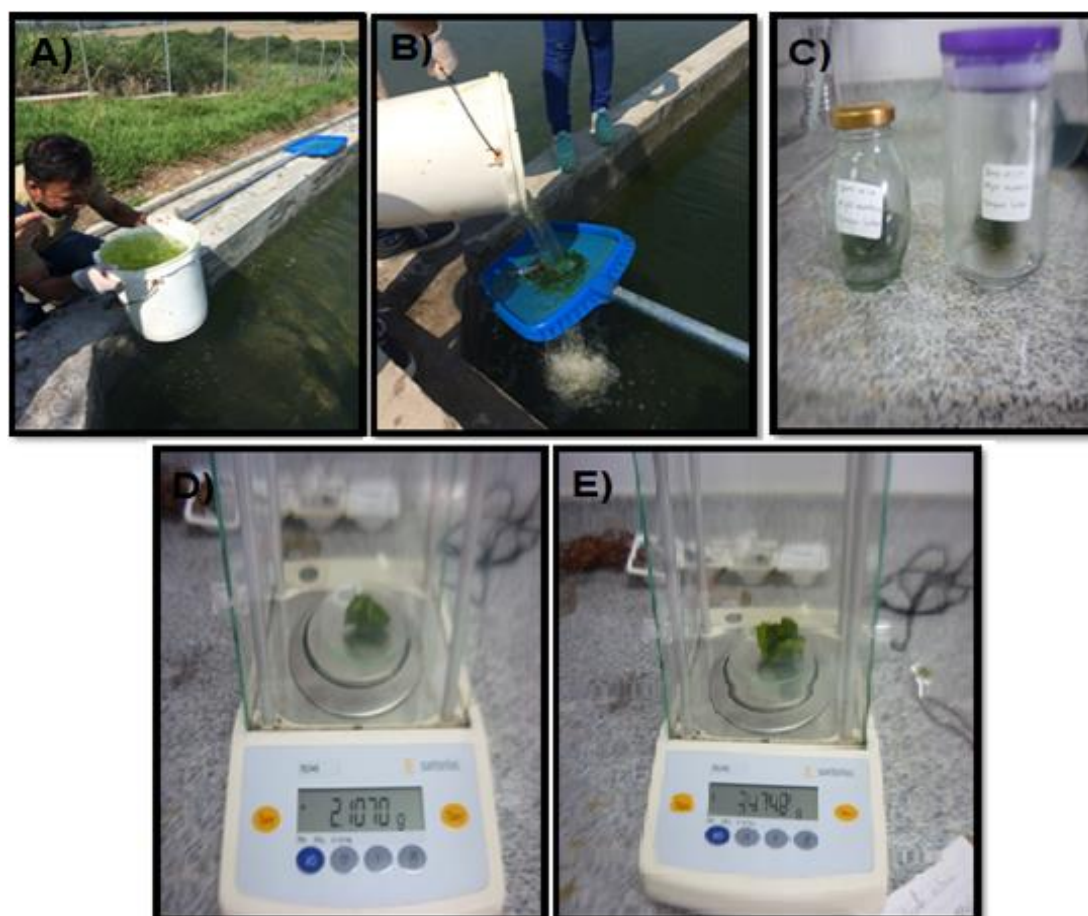
Fotografía: Los autores (2017)

5.3.4. Evaluación del contenido de algas en los tanques de agua potable

En los tanques de agua potable de la planta se evidenció una gran cantidad de algas. Para evaluar su contenido se procedió a sacar el agua con algas en un recipiente de 10 L, se realizaron dos repeticiones en los filtros lentos de arena descendentes, prevaleciendo la presencia de las mismas. Posteriormente se realizó un proceso de filtrado, luego se procedió a la fase de secado, se pesó la cantidad de materia húmeda y seca, este proceso se ilustra en la figura 21. Seguidamente se promediaron las muestras secas y el valor se extrapoló con las medidas de los tanques (9,0 m de largo X 7,50 m de ancho X 0,9 m de profundidad), el volumen se determinó con la ecuación 1.

[Ec. 1] $V = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{altura}$

Figura 21. A) Extracción de balde con algas de los tanques B) Proceso de filtrado C) Muestra uno y dos D) Peso muestra uno y E) Peso muestra dos.



Fotografía: Los autores (2017).

5.4. Caracterización cualitativa del uso del suelo en la cuenca del río Sonsito

A parte de los análisis realizados en el laboratorio de la UNAD, se realizó una consulta con expertos de la CVC Buga, donde se obtuvo información sobre el uso del suelo de la cuenca hidrográfica del río Sonsito. Esta información se adquirió mediante entrevista realizada al Ingeniero ambiental Edgar Alfonso Largacha³ responsable de la zona centro de la cuenca del río Sonsito, quien suministró información y socializó sobre el uso del suelo. La figura 22 ilustra los alrededores de la subcuenca del río Sonsito, como lo es el pastoreo y cultivos.

Figura 22. Caracterización del suelo de las cercanías de la subcuenca del río Sonsito.



Fotografía: Edgar Alfonso Largacha (2017).

“El ingeniero Largacha, expuso: *En esa zona hay cuatro tipos de actividades como presencia de cultivos de caña y en sus alrededores criaderos de porcinos, cultivos de café donde algunos no tienen buen sistema del beneficio del café cuando las aguas mieles del café si no son bien tratadas aportan materia orgánica al río y cultivos varios por los diferentes tipos de cultivo que se presentan en la zona (lulo, mora, maracuyá, banano, plátano, entre otros). En cuanto a la Ganadería, los productores suelen usar grandes extensiones de terreno, el ganado es libre en el campo, en la mayoría de los casos hay un alto sobre pastoreo y en otras tienen estabulación (Figura 23) y les dan pasto de corte, generalmente complementan la alimentación por forrajes y suplementación. A estos pastos aplican fertilizantes, insecticidas y pesticidas; en algunas partes utilizan abono orgánico que también es un problema porque son alimentados a través del pasto por pollinaza, eso hace que las reses crezcan más rápido y fuertes; ese estiércol se almacena en el campo y no*

³ Ingeniero Ambiental. Esp. Funcionario de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC. Zona Centro.

tiene un buen proceso de estabilización, ese residuo vivo se vierte en el terreno ocasionando un exceso de nutrientes”

Figura 23. Ganado en estabulación presente en los alrededores del Río Sonsito.



Fotografía: Edgar Alfonso Largacha (Ingeniero de la CVC Buga).

5.5. Propuesta de soluciones para el manejo y control de los caracoles en los tanques de agua potable

Para la realización de propuesta de solución de manejo y control, se realizó matriz DOFA de toma de decisiones teniendo en cuenta las debilidades, oportunidades, fortaleza y amenazas de cada agente de control, que son Lomper, floculantes, cloración y sulfato de cobre. Se evidenció que la cloración es el más favorable para la desinfección del agua. Para llegar a estos datos mencionados en la matriz DOFA se realizó una revisión bibliográfica en los artículos científicos y boletines, donde se menciona debilidades y fortalezas, estos tienen un costo accesible en el mercado; algunas de las amenazas es que se deben aplicar en dosis exactas para ciertos productos.

Se procedió a realizar la eficiencia de remoción (ef) para dimensionar el aumento y disminución de los caracoles; haciendo primero un conteo en el mes de abril de 2016 para un total de 60 caracoles y luego se procedió a realizar el mismo conteo en el mes de abril del año 2017 con un valor de 8 caracoles, este conteo se hizo en la misma canaleta donde se evidenciaba mayor cantidad de los moluscos. En el área se midió el ancho (28 cm) por el alto (7 cm) y, la ef se determinó con la ecuación 2.

[Ec. 2]
$$ef = \frac{antes - despues}{antes} \times 100$$

5.6. Socialización de resultados sobre control y manejo adecuado de los caracoles con los empleados de la planta y las autoridades competentes

Para llevar a cabo el objetivo número tres, se socializaron los resultados obtenidos en la investigación, esto se hizo en la oficina administrativa (ASUACОВI)⁴ de la PTAP, ubicada en la vía panamericana callejón Telecom del corregimiento el Vínculo. Se contó con la participación de cuatro funcionarios de la planta (Anexo 4), en la que se expuso la problemática asociada a la evaluación preliminar de *M. tuberculata* y *L. columella* en la planta de abastecimiento de agua potable, con el fin que los asistentes conozcan causas y consecuencias de la enfermedad transmitido por estos moluscos al igual que el crecimiento de las algas.

La socialización se dividió en tres etapas, la primera se realizó encuesta pre (Anexo 5), con cinco preguntas alusivas al tema con el objetivo de evaluar el nivel de información que los asistentes poseen sobre la problemática en cuestión. La segunda etapa la constituyó en volver a realizar la misma encuesta post (Anexo 6), con el propósito de evaluar el impacto que causó la charla a los participantes y despejar las dudas que surgen a raíz de la situación actual en la PTAP y en la tercera etapa se les pidió a los integrantes realizar un dibujo alusivo al contenido de la reunión permitiendo plasmar el conocimiento obtenido con la socialización.

⁴ ASUACОВI: Asociación de suscriptores de acueducto y alcantarillo del corregimiento el Vínculo

6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

6.1. Identificación de causas de aparición de los caracoles de agua dulce en los tanques de agua potable de la PTAP del Vínculo

6.1.1. Resultados de evaluación de parámetros físicos y químicos de muestras de agua

De acuerdo a las muestras de agua recogidas se evaluaron algunos parámetros físicos y químicos en la PTAP durante los años 2016 en el mes de diciembre (tiempo lluvioso) y 2017 en el mes de abril (tiempo seco), se registraron los resultados de cada muestra tomada en los diferentes puntos del proceso (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Parámetros físicos y químicos del río Sonsito en la bocatoma y en la planta en el mes de diciembre del 2016 (tiempo seco).

Muestra	pH	CE (μ S)	% Solidos disueltos	Amonio (NH_4^+) mg/ L	Nitrato (NO_3^-) mg/ L	Nitrito (NO_2^-) mg/ L	Oxido de Calcio(CaO) mg/L	Carbonato de Calcio (CaCO_3) mg/L
Bocatoma	7,95	272,67	0	0	10	0,33	40	71
En el proceso	8,2	191,23	0,066	0,16	10	0,33	40	71
Después del proceso	8	187,86	0,033	0,1	10	0,33	40	71

Fuente: Los autores (2017)

Tabla 5. Parámetros físicos y químicos del río Sonsito en la planta en el mes de abril del 2017 (Tiempo lluvioso).

Muestra	pH	CE (μ S)	% Solidos disueltos	Amonio (NH_4^+) mg/ L	Nitrato (NO_3^-) mg/ L	Nitrito (NO_2^-) mg/ L	Oxido de Calcio(CaO) mg/L	Carbonato de Calcio (CaCO_3) mg/L
En el proceso	8,05	141,93	0,133	0,1	11,66	0	40	71
Después del proceso	8,04	153,5	0,033	0,066	10	0	40	71

Fuente: Los autores (2017)

En general los valores de concentración de nitratos obtenidos en la presente investigación se consideran altos, comparados con los reportados en otros estudios similares que no sobrepasaron los 5 mg/L (Dechruksa *et al.*, 2007). En el caso de nitritos, los resultados para

época seca (0,33 mg/ L) sobrepasaron los límites máximos permisibles por la normatividad vigente, sin embargo, en la época lluviosa no hubo presencia en la planta (0 mg/ L). Por su parte, el amonio con valores bajos 0,066 y 0,16mg/ L para época lluviosa y seca respectivamente, no excedió los límites máximos permisibles que para ecosistemas acuáticos es de 0,20 mg/L (OMS, 2006). En la época seca el predominio de nitritos comparado con nitratos estaría indicando procesos de desnitrificación, posiblemente por prevalencia de condiciones de disminución del oxígeno disuelto en el agua en el proceso de eutrofización. Por su parte en la época lluviosa, el predominio de nitratos indicó la prevalencia del proceso oxidativo de nitrificación, siendo fundamental la actividad de nitrobacterias (Cárdenas & Sánchez, 2013).

Para sólidos disueltos se registraron en época lluviosa y seca valores bajos 0,033 y 0,133 %; por medio del diálogo con el funcionario de la C.V.C encargado de esa zona aclaró sobre la predominancia de actividades agrícolas y ganaderas, como el uso de fertilizantes, material orgánico y suelo erosionado presente en la parte media y alta del río. En el caso del pH, los resultados para el tiempo seco fueron (8,2) y en tiempo lluvioso disminuyo a (8,05) indicando para ambos casos leve aumento de alcalinidad, los niveles máximos permisibles del pH en el agua para consumo humano está comprendido entre 6,5 y 9,0. Los demás parámetros (conductividad, CaO y CaCO₃) se registraron valores normales dentro de la norma establecida.

6.1.2. Resultados del contenido de algas en los tanques de agua potable

A partir de las muestras de algas recolectadas en la PTAP se registraron los promedios de las cantidades de materia húmeda (31,91g) y seca (2,80 g) dimensionando la cantidad de algas presentes, se extrapola la materia seca hallando el volumen del tanque con la ecuación 1.

[Ec. 1] $V = 9\text{ m} * 7,50\text{ m} * 0,9\text{ m} = 60,75\text{ m}^3$

$$10\text{ Litros} \rightarrow 0,01\text{ m}^3 \qquad 2,80\text{ g}$$

$$60,75\text{ m}^3 \qquad X$$

$$X = 2,80\text{ g} * \frac{60,75\text{ m}^3}{0,01\text{ m}^3} = 17010\text{ g}$$

$$17010 \text{ g} \rightarrow 60,75 \text{ m}^3 = 280 \text{ g/m}^3$$

$$280 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} * \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ L}} * 1000000 \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} = \mathbf{280000 \frac{\mu\text{g}}{\text{L}}}$$

Con la extrapolación se determinó la cantidad de algas con (17010 g) con una concentración de 280000 µg/L considerándose valores muy altos, comparados en otros estudios que se han registrado valores por encima de 800 µg/L (Ruibal *et al.*, 2005). Posteriormente los valores de concentraciones en las algas se han reportado como niveles de estándares de riesgo sobre las afectaciones sanitarias, según Almanza *et al.*, (2016) menciona el límite de células moderadas que alcanzan a 100.000 células por mililitro y las concentraciones de clorofila que va de (5 µg/L) y de microcistina (5 µg/L), si se presenta mayores niveles es necesario iniciar análisis de toxicidad y monitoreo frecuente en cuerpos de agua utilizados para consumo humano.

6.2. Propuesta de soluciones para el manejo y control de los caracoles y algas en los tanques de agua potable

Se diseñó matriz DOFA (Tabla 6) donde se indagó sobre los agentes de control para su posible aplicabilidad en la PTAP con el objetivo de manejar y controlar los caracoles y algas presentes en la misma. Con esta información se pretendió hallar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de cada agente de control, donde se evidencio que la cloración fue el agente más oportuno para la disminución de los caracoles y algas. Esta información se obtuvo implementando la partición de la cloración, se aplicó 3,78 L de cloro líquido al inicio del proceso (filtros dinámicos descendentes) y 3,78 L al final del proceso (tanque de cloración), con este proceso se evidenció una disminución significativa de estos moluscos.

El Cloro para el proceso de desinfección hasta el momento reúne las mayores ventajas para su aplicabilidad y distribución en los puntos de red del agua, comprendiendo un valor aceptable del cloro residual entre 0,3 y 2,0 mg/L con respecto a la norma de consumo de calidad de agua potable.

Tabla 6. Matriz DOFA

Agentes de control	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
Lomper o Mebendazol (Hospital Universitario Son Dureta, 2010., Pérez <i>et al</i> , 2010)	Presenta escasa toxicidad potencial.	Combate la esquistosomiasis, enfermedad parasitaria adquirida por contacto con agua dulce contaminada por la especie <i>M. Tuberculata</i> .	Combate de manera efectiva el parásito que esta albergado en el mismo, este agente de control contiene 20 mg (suspensión) y 100 mg (comprimidos)	Es un antiparasitario y que al exceder su dosis puede tener efectos secundarios, como dolor y calambres en el estómago, náuseas, vómitos y diarrea.
Floculantes OPS, (2002)	Al realizar la floculación se debe hacer junto con la coagulación para la obtención de resultados óptimos.	Sustancia que aglutina sólidos en suspensión una vez efectuada su coagulación, provocando su precipitación.	Uno de los métodos más efectivos para la eliminación de sustancias coloidales presentes en el agua. Este proceso es muy efectivo después de la sedimentación y filtración	Es una sustancia química y se requiere uso de insumos constantes.
Cloración OPS, (2002)	Si es utilizado sin precaución es peligroso para las personas y puede destruir materiales y equipos de la planta.	Método para desinfectar el agua y hacerla potable, elimina los microbios, las bacterias, los virus y los gérmenes, que en ella contenga.	Implementando la precloración, que consiste en la aplicación del cloro en el agua antes de cualquier otro tratamiento, para ayudar a controlar o eliminar la proliferación de algas. en concentraciones de cloro residual libre que destruyen la mayoría de algas es de 0.2 a 1 mg/L.	En concentraciones altas puede ocasionar efectos adversos a la salud.
Sulfato de cobre (Flórez & Porras, 2012)	Se debe aplicar dosis exactas, de lo contrario puede provocar una toxicidad en el agua.	Es un tratamiento que se usa para prevenir la formación de algas y otros microorganismos en depósitos.	Se añade sulfato de cobre al agua a tratar teniendo en cuenta los resultados de exámenes microscópicos de muestra de agua ya que dependiendo de alga se requiere una concentración para destruirla. Aplicando 0,18 mg/L distribuyendo uniformemente en la superficie para combatir la proliferación de algas.	La dosificación se puede realizar con dosificadores de sustancias químicas. Si este se aplica en exceso es muy toxico.

Fuente: Elaboración propia adaptado de los autores Flórez & Porras (2012); Pérez *et al.*, (2010); OPS (2002); Universitario Son Dureta (2010).

Implementando la precloración se logró una eficiencia de remoción (*ef*) del 86,7%, este resultado se determinó con la ecuación 2.

[Ec. 2]
$$ef = \frac{60-8}{60} \times 100 = 86,7 \%$$

Este valor se obtuvo con el conteo de los caracoles en un intervalo de tiempo a un año, inicialmente se presentó una población de 60 moluscos en un solo sitio (canaleta que conduce a los filtros lentos de arena descendentes), después del fraccionamiento del cloro y su aplicación al inicio del proceso se procede a contar nuevamente los moluscos en el mismo sitio, mostrando la cantidad de 8 caracoles. Con esta eficiencia se evidencia que manteniendo el cloro a niveles residuales adecuados se logra la destrucción casi total de bacterias patógenas presentes en el agua (Ríos D, 2006).

6.3. Socialización sobre control y manejo adecuado de los caracoles con los empleados de la planta y las autoridades competentes

6.3.1. Evaluación del impacto de la Reunión

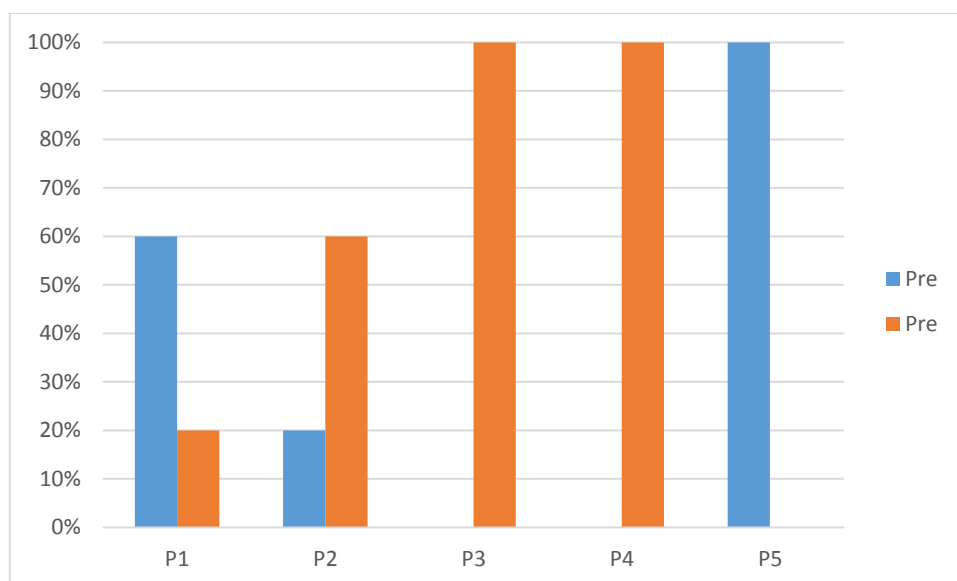
A partir de la encuesta pre donde se les pregunta sobre el tema relacionado a la problemática actual sobre la presencia de caracoles *M. tuberculata* y *L. columella*, se pudo determinar que todos los asistentes tienen claro que hay una sobrepoblación de dichos moluscos y algas pero carecen de métodos para enfrentar esta situación, aunque se evidenció el conocimiento de la norma referente a la calidad del agua no se muestra claridad los parámetros físicos y químicos del mismo. En el segundo interrogante, se les indagó sobre el riesgo a la salud transmitido por los caracoles presente en los tanques de agua potable, se evidenció que en su mayoría los integrantes no tienen conocimiento de dicho riesgo. En la tercera pregunta donde se indagó sobre los problemas de eutrofización, no conocían este término. Para la cuarta pregunta se les menciona aparte del cloro que otras medidas conocen para el control de tratamiento de algas y caracoles en la PTAP desconociendo otras alternativas y para la quinta pregunta, se les menciona si tenían conocimiento de las actividades agropecuarias que se realizan en los alrededores del río Sonsito, en su mayoría los asistentes afirmaron conocer algunas actividades. Posteriormente, se procedió a exponer cada uno de los temas más relevantes de la investigación (figura 24), generando un impacto positivo a los integrantes reflejándose en el desarrollo de la encuesta post (figura 25 y 26) comprendiendo los ítems evaluados.

Figura 24. Socialización en la PTAP, Corregimiento El Vínculo, Buga Valle del Cauca.



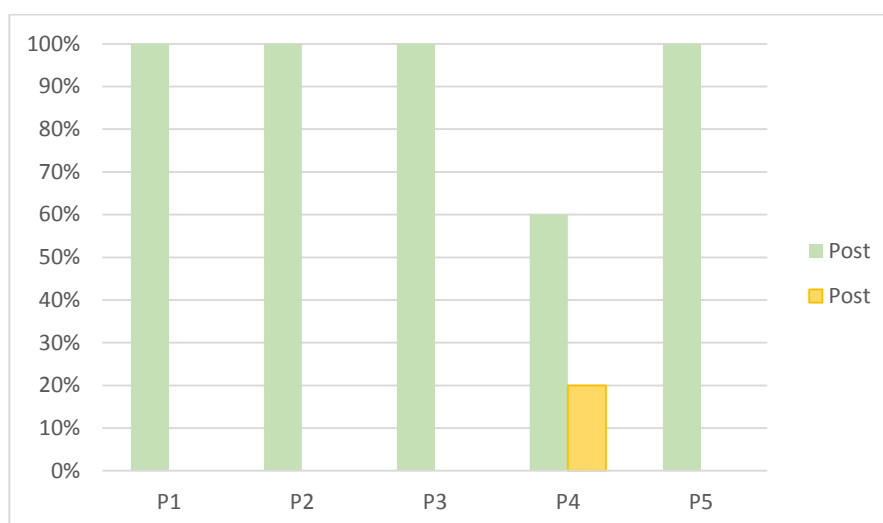
Fotografía: Los autores (2017)

Figura 25. Gráfica encuesta pre.



Fotografía: Los autores (2017)

Figura 26. Gráfica encuesta post.



Fotografía: Los autores (2017)

En la figura 25 se observa el impacto de las encuestas pre a partir de la socialización de los integrantes. Al inicio de la reunión durante la etapa pre en la mayoría de las preguntas desconocían conceptos relacionado con la problemática a excepción de la pregunta 1, el 60% conocían la normatividad sobre la calidad del agua, en la pregunta 2, el 20% contestó sobre los riesgos de la salud transmitida por los caracoles de manera parcial y en la pregunta 5 el 100% conocían algunas actividades agropecuarias de los alrededores del río Sonsito.

En figura 26, la encuesta post se evidencia un cambio en la socialización, el interés y la disponibilidad de los integrantes en adquirir y comprender nuevos conceptos como eutrofización, patogenicidad *M. tuberculata* y *L. columella* (el riesgo a la salud de las enfermedades transmitidas de los moluscos), desconocidas durante la etapa pre mostrando casi el 100% en la mayoría de las preguntas a excepción de la pregunta 4, el 20% contestaron negativamente, aunque tienen claro que la PTAP hay una población de caracoles y algas carecen de métodos para el control de estas especies, buscando otras alternativas que fueron mencionadas en esta investigación.

6.3.2. Cartografía social

La cartografía social se trata de una metodología participativa y colaborativa como enfoque comprensivo – crítico que ayuda a reflexionar en la interpretación de la realidad a nivel

7. DISCUSIÓN GENERAL

Los principales impactos ambientales en la PTAP varían por diferentes causas, inicialmente se identificaron especies de caracoles *M. tuberculata* y *L.columella*, posteriormente la proliferación de algas, esta cadena trófica ha creado un ambiente de supervivencia para ambas especies; primero cuando hay mayor retención en el agua se pueden formar estas plantas acuáticas y segundo, los factores para su incremento es el exceso de nutrientes, como nitratos y fosfatos que albergan mayores concentraciones. Lo anterior contribuye a un ambiente eutrofizado, sus posibles causas pueden variar por diferentes tipos de actividades aunque estos procesos de mineralización se da en procesos naturales, estas se pueden alterar, por la aplicación de concentraciones altas de fertilizantes también presencia de materia orgánica proveniente de la ganadería, que aparte de ocasionar erosión y desprendimiento de la capa vegetal por medio de arrastre, aumentan los sedimentos en el agua, así como vertimientos líquidos agroindustriales que puedan contribuir al incremento de estos nutrientes en el cuerpo de agua. Con esta problemática sobre la población y permanencia de las algas han aparecido especies como en el caso de los caracoles que han servido de refugio, reproducción y de alimentación, aumentando el riesgo de organismos patógenos que albergan en el hospedero causando enfermedades como el caso de la esquistosomiasis y de la fascioliasis.

En esta medida se evaluaron ciertos parámetros de calidad del agua para determinar el contenido de nutrientes en el laboratorio de las muestras recolectadas de la PTAP, se registraron niveles de nitrato por encima de los 10 mg/L al igual para los nitritos su valor sobrepasa los límites de la normatividad vigente (Decreto 2115 de 2007). Posiblemente en este caso se está presentando procesos de desnitrificación; en estas condiciones las algas absorben el nitrato para su nutrición, desarrollo y asimilación; lixivándose en aguas y a su vez obteniendo mayor solubilidad, provocando aumento de cobertura vegetal en el agua y esto hace que se eutrofique el sistema. Esta información se corrobora con los datos otorgados por el funcionario de C.V.C donde por medio de la caracterización del suelo en la zona del río Sonsito, expone que en dicha área predominan las actividades agrícolas y ganaderas; estas a su vez promueven el uso de fertilizantes y presencia de material orgánico que llegan al río por diferentes medios.

Para un control adecuado de los caracoles se indicaron algunos agentes de control como el Lomper, Floculantes, Cloración y Sulfato de cobre, mediante matriz DOFA, determinado la efectividad de disminuir las poblaciones que se presentan en los tanques. El método más

factible es el proceso convencional, que es la aplicación del cloro reuniendo las mayores ventajas para su aplicabilidad, ya que siendo un biosida con su efecto rompe membranas y paredes celulares, combatiendo no solo a los caracoles sino también a las algas a una concentración residual de 0,2 a 1 mg/L siendo letal para la mayoría de individuos de estas especies. La eficiencia de remoción (86, 7%) se evidenció con la disminución de las poblaciones de caracoles, pasando a una población de 60/cm² de caracoles a 8/cm².

A partir de los resultados obtenidos, se realizó una reunión con los integrantes de la planta y las autoridades competentes para socializar, dar a conocer dichos resultados y el manejo adecuado de los caracoles durante la investigación. Se habló de la identificación de las especies, su patogenicidad parasitaria y las enfermedades causadas por cada una de las especies respectivamente. Posterior a esto, se mencionó las posibles causas de proliferación de algas y científicamente su identificación. Con el objetivo de dar a conocer esta información y evaluar el impacto generado con la actividad se hizo una encuesta pre y post, determinando el nivel de conocimiento de la problemática que los afecta. Con en la encuesta pre, se pretendió identificar el conocimiento en ese momento acerca de dicha problemática y con la encuesta post se evaluó la comprensión y entendimiento del discurso.

La cartografía social sirvió para centralizar las ideas que captaron durante la charla, con esta metodología participativa y colaborativa se logró palpar de manera directa el impacto generado con la socialización, que ayuda a reflexionar en la interpretación de manera subjetiva los impactos generados.

8. CONCLUSIONES

- ✓ La sobrepoblación del alga *H. reticulatum* en la PTAP El Vínculo, se debió en gran medida a los altos periodos de retención y a la alta concentración de nitratos y nitritos en el agua, incidiendo a nivel trófico en la aparición de los moluscos *M. tuberculata* y *L. columella*. Estos son considerados un riesgo biológico para la población, debido a que son vectores de las enfermedades esquistosomiasis y fascioliasis, siendo fundamental un control adecuado.
- ✓ Para las soluciones del manejo y control en ambas especies, el agente convencional seleccionado fue la cloración, a partir de la matriz DOFA con la implementación de la precloración se logró una eficiencia de remoción del 86,7%.
- ✓ En la socialización con los actores sociales, aportó avances al conocimiento de las especies de caracoles y algas encontrados, indicando elementos apropiados para su manejo y control, adquiriendo alternativas y soluciones a la problemática que los aqueja.
- ✓ Con la identificación de la zona en los alrededores del río Sonsito, dada por el funcionario de la C.V.C, se concluye que en dicha área existen zonas agrícolas y ganaderas, en estas grandes extensiones de terreno aplican fertilizantes e insecticidas, ocasionando factores de riesgos para la cuenca del río aumentando sedimentos que puedan alterar su calidad hídrica.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Es recomendable implementar algunas medidas en la PTAP para el manejo de las algas y caracoles, como por ejemplo poner en movimiento el agua donde se presentan las poblaciones de algas que crecen en aguas estancadas o que se encuentran en un tiempo de retención prolongado.
- ✓ Se recomienda a la PTAP la exploración de otros productos para reducir los nitratos en el agua, ya que las elevadas concentraciones de nitratos en agua para el consumo humano pueden presentar riesgos potenciales para la salud.
- ✓ Se sugiere hacer mantenimiento preventivo a los tanques de agua potable para una mejor purificación del agua, ya que es fundamental mantener en óptimas condiciones de higiene los lugares de almacenamiento del mismo, para así evitar acumulación de residuos orgánicos en dichos tanques.
- ✓ Es recomendable que los productores y ganaderos generen una reconversión de un sistema donde no apliquen sustancias químicas nitrogenadas, si no sustancias orgánicas que sean más amigables para el ambiente.
- ✓ Se recomienda realizar estudios que avancen en el monitoreo y control de especies como bioindicadores, creando protocolos que ayuden a realizar un análisis integral para evaluar de manera estandarizada parámetros que afectan los recursos hídricos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, A., Alfaro, R., Bernal, H., Cabrera, L., Gonzáles, E., Balderas, S.,... Zertuche, J. (2009). Especies Exóticas invasoras: Impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp.277-318. Recuperado de: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II06_Especies%20exoticas%20invasoras_Impactos%20sobre%20las%20pobla.pdf
- Albarran, N., Rangel, L & Gamboa, J. (2009). Distribución y abundancia de *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Scientific Electronic Library Online*, 25(1), 93-104. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v25n1/v25n1a9.pdf>
- Almanza, V., Parra, O., de M. Bicudo, C., Leite Sant'Anna, C., Figueroa, R., Urritia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C & González, P. (2016). *Guía para el estudio de Cianobacterias en el sistema lacustre del Gran Concepción: Aspectos ecológicos, toxicológicos, de control vigilancia y taxonómicos*. Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile, Universidad de Concepción. Trama Impresores, 99 pp.
- Álvarez, L. (2005). *Metodología para la Utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/20.500.11761/31357/1/05-0424PS.pdf>
- Alves, H. (2009). Infecção Natural de *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) por *Centrocestus formosanus* (Trematoda: Heterophyidae) e por *Philophthalmus gralli* (Trematoda: Philophthalmidae) no Brasil. (Tesis de maestría). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. Recuperado de: http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SAGF-8H9QEZ/disserta_o_hudson_alves_pinto.pdf?sequence=1
- Barragán, D & Amador, J. (2014). La cartografía social- pedagógica: Una oportunidad para producir conocimiento y re-pensar la educación, *Itinerario educativo*, 28 (64), 127-141. Recuperado de: <http://revistas.usb.edu.co/index.php/Itinerario/article/view/1422/1215>

- Barragán, D. (2016). Cartografía social pedagógica: entre teoría y metodología. *Revista Colombiana de Educación*, (70), 247-248. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcde/n70/n70a12.pdf>
- Cabildo, M., Cornago, M, Escolástico, C., Santos, S., López, C & Sanz, D. (2013). *Bases Química del Medio Ambiente*. España: Editorial UNED
- Cabra, A & Herrera, C. (2007). *Estudio de prevalencia de la fasciola hepatica y caracol Lymnaea spp. En predios del municipio de Simijaca Cundinamarca*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/5606/T14.07%20C112e.pdf?sequence=1>.
- Calderoli, P. (2016). *Análisis de las poblaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno del suelo aplicando procedimientos metagenómicos*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de la Plata, Ciudad de la Plata, Argentina. Recuperado de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52022/Documento_completo_.pdf?sequence=3
- Cárdenas, G & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Revista universidad y salud*, 15(1), 72-88. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf>
- Castillo, L & Herrera, O. (2008). Registro de la especie exótica *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) en la región de Tarapacá (Gastropoda, Prosobranchia, Thiridae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, 57, pp. 153- 158. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/299437717_REGISTRO_DE_LA_ESPECIE_EXOTICA_MELANOIDES_TUBERCULATA_MULLER_1774_EN_LA_REGION_DE_TARAPACA_GASTROPODA_PROSOBRANCHIA_THIARIDAE
- CDC. DPDx, Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern. (s.f). *Fascioliasis*. Recuperado de: <https://www.cdc.gov/dpdx/fascioliasis/index.html>
- CDC. DPDx, Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern. (s.f). *Schistosomiasis Infection*. Recuperado de: <https://www.cdc.gov/dpdx/schistosomiasis/index.html>

- Claros, J. (2012). *Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniacal* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17653/tesisUPV3951.pdf?sequence=1>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Recuperado de: <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=26620&download=Y>
- Dechruksa, W., Krailas, D., Ukong, S., Inkapatanakul, W & Koonchornboon, T. (2007). Trematode Infections of the Freshwater Snail Family Thiaridae in the Khek River, Thailand. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 38(6), 1016-1028. Recuperado de: <http://imsear.li.mahidol.ac.th/bitstream/123456789/31757/3/1016.pdf>
- Flórez, I & Porras, M. (2012). *Estudio del proceso de potabilización de la planta de agua potable planta puriblock II del municipio del socorro, Santander*. Tesis especialización. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: <https://aguas peligrosas blog.files.wordpress.com/2016/10/calculo-de-contaminacion-de-una-planta-de-acueducto.pdf>
- G, Abella., P, Johanna., Martínez, C & J, María. (2012). Contribución de un afluente tributario a la eutrofización del lago de tota (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 241-261. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309028756006>
- Galván, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas* (p. 87). España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- García, E. & Carrasco, M. (2014). *Moluscos dulceacuícolas introducidos e invasoras*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 337-345. Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/acuaticas-invasoras-cap20.pdf>
- Gillespie, R & Clague, D. (Ed.). (2009). *Encyclopedia of Islands*. London, England: University of California Press, Ltd.

- Giraldo, E & Mejía, L. (2013). Registro de plantas hospederas de caracoles Lymnaeidae (Mollusca: Gastropoda), vectores de *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758), en humedales de la región central andina colombiana. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 7(2), 63-74. Recuperado de: <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v7n2a05.pdf>
- Guzmán, J & López, J. (Eds.). (2004). *Ferti-Riego: Tecnologías y programación en agroplasticultura* (p. 191- 202). Colombia: Ciencia y Tecnología para el desarrollo – CYTED. Recuperado de: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3129/FERTIRRIEGO2004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hayatsu M., Tago K & Saito M. (2008). Varios actores del ciclo del nitrógeno: diversidad y funciones de los microorganismos involucrados en la nitrificación y desnitrificación. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54: 33-45. Recuperado de: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1111/j.1747-0765.2007.00195.x?needAccess=true>
- Hospital Universitario Son Dureta. (2010). *Guía Farmacoterapéutica*. Palma de Mallorca, España. Comisión de Farmacia y Terapéutica. Recuperado de: <http://www.elcomprimido.com/FARHSD/VADGFT2010.pdf>
- Instituto Nacional de Salud. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio*. Colombia. Editorial Botánica-Online SL. Recuperado el 20 de octubre de 2016 en: http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf?Mobile=1&Source=%2Fsivicap%2F_layouts%2Fmobile%2Fview.aspx%3FList%3Ddc462e4b-5de8-4a2f-be3a-08ad1c837db7%26View%3D0ac5f5c5-4988-442d-bc0e-2c07af4f66a5%26CurrentPage%3D1
- John, D., Whitton, B & A, Brook. (Eds.). (2002). *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. Reino Unido: Editorial Cambridge University Press
- Lasso, C & P. Sánchez. (2011). *Los peces del delta del Orinoco: Diversidad, bioecología, uso y conservación*. Fundación la Salle de Ciencias Naturales y Chevron. Pp. 406. Recuperado el 5 de febrero de 2017 en: http://www.iucnssg.org/uploads/5/4/1/2/54120303/los_peces_del_delta_del_orinoco_diversi.pdf

- López, H. (2008). *Desarrollo del proceso anammox para el tratamiento de lixiviados: puesta en marcha y aplicación*. (Tesis doctoral). Universidad de Girona, Gerona, España. Recuperado de: <http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/4836/Th11de1.pdf?sequence=1>
- López, J & Rubio, J. (Eds.). (2002), *Presente y futuro de las aguas subterráneas en la provincia de Jaén* (p.157). España: Instituto geológico y minero de España
- López, L., Romero, J & Velásquez, L. (2008). Aislamiento de Paramphistomidae en vacas de leche y en el hospedador intermediario (*Lymnaea truncatula* y *Lymnaea columella*) en una granja del trópico alto en el occidente de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21(1), 9-18. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902008000100002&lng=en&tlng=es.
- Martín, E. (2006). *Optimización de los procesos de tratamiento biológico de efluentes industriales para la remoción de carbono y nitrógeno*. (Tesis Máster). Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18522/Documento_completo_.pdf?sequence=1
- Martínez, F., Ojeda, D., Hernández, A., Martínez, O Quezada, G. (2011). El exceso de nitratos un problema actual en la agricultura. *Synthesis*. pp: 11-16. Recuperado de: http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/08/18/el_exceso_de_nitratos_un_problema_actual_en_la_agricultura.pdf
- Martínez, R., Domenech, I., Millán, J & Pino, A. (2012). Fascioliasis, Revisión clínico-epidemiológica y diagnóstica. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 50(1), 88-96. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032012000100011&lng=es&tlng=es.
- National academy of sciences. (2007). *El agua potable segura es esencial*. The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Recuperado de: <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Treatment-Processes.html>
- Organización mundial de la salud - OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Tercera Edición. Recuperado de: http://who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full/lowres.pdf?ua=1

- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2007). *Action against worms*. Recuperado de:
http://www.who.int/foodborne_trematode_infections/fascioliasis/en/ o
http://www.who.int/neglected_diseases/preventive_chemotherapy/Newsletter10.pdf
- Organización mundial de la salud - OMS. (2016). *Enfermedades transmitidas por vectores*.
 Centro de prensa. Recuperado de:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs387/es/>
- Organización mundial de la salud - OMS. (2017). *Esquistosomiasis*. Centro de prensa.
 Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/es/>
- Organización Panamericana de la Salud – OPS. (2002). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*. (p. 406- 529). Perú. Recuperado de:
[http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion%20y%20mantenimiento%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20agua%20\(cepis\)\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion%20y%20mantenimiento%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20agua%20(cepis)(2).pdf)
- Organización Panamericana de la Salud – OPS. (2014). *Esquistosomiasis*. Recuperado de:
http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5757%3A2011-general-information-schistosomiasis&catid=3940%3Anid-content-general&Itemid=4151&lang=es
- Organización Panamericana de la Salud – OPS. (2014). *Fascioliasis*. Recuperado de:
http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5758%3A2011-general-information-fascioliasis&catid=3940%3Anid-content-general&Itemid=4153&lang=es
- Peña, Palacios & Ospina (2005). *Algas como indicadoras de Contaminación* (p. 66- 67). Colombia: Universidad del Valle
- Pereyra, M. (2001). *Asimilación del nitrógeno en plantas*. Argentina: Universidad de la Pampa. Recuperado de:
<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Asimilacion%20del%20nitrogeno.pdf>
- Pérez, A & Landeros, C. (2009). Agricultura y deterioro ambiental. *Revista Elementos, Ciencia y Cultura*, 73, 19-25. Recuperado de:
<http://www.elementos.buap.mx/num73/pdf/19.pdf>

- Pérez, J., Carranza, C., Vicente, B & Muro, A. (2010). Enfermedades Infecciosas: Parasitosis. *Medicine*, 10(54), 3609- 3795. Recuperado de: <https://campusvirtual.ull.es/ocw/mod/resource/view.php?id=6178>
- Pérez, R., Saldaña, A., Vicente, V & Badillo, A. (2001). Hábitat y presencia de *Thiara* (*Melanoides*) *tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae), en la presa de Apizaquito, Tlaxcala. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 50(1), 15-23. Recuperado de: <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11154/143175/50VH%C3%A1bitatPresencia.pdf?sequence=1>
- Pfeng, A., Quijón, P & Recagno, O. (Eds.). (2014), *Especies invasoras acuáticas: Casos de estudio en ecosistemas de México* (p.359). México: Primera Edición. Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/EEIcasos%20de%20estudio.pdf>
- Pointer, J., Coustau, C., Rondelaud, D & Theron, A. (2007). *Pseudosuccinea columella* (Say 1817) (Gastropoda, Lymnaeidae), snail host of *fasciola hepatica*: firts record for France in the wild. *Parasitology research*, 101, 1389-1392. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Christine_Coustau/publication/6178240_Pseudosuccinea_columella_Say_1817_Gastropoda_Lymnaeidae_snail_host_of_Fasciola_hepatica_First_record_for_France_in_the_wild/links/5416f5700cf2788c4b35f83c/Pseudosuccinea-columella-Say-1817-Gastropoda-Lymnaeidae-snail-host-of-Fasciola-hepatica-First-record-for-France-in-the-wild.pdf?origin=publication_detail
- Prepelitchi, L. (2009). *Ecoepidemiología de Fasciola hepática (Trematoda, Digenea) en el norte de la provincia de corrientes destacando aspectos ecológicos de Lymnaea columella (Pulmonata, Lymnaeidae) y su rol como hospedador intermediario*. (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4546_Prepelitchi.pdf
- Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. (2010). *Contaminación y eutrofización del agua: impactos del modelo de agricultura industrial*. Uruguay: Editorial RAP- AL. Recuperado de: <http://www.rapaluguay.org/agrotoxicos/Uruguay/Eutrofizacion.pdf>
- Restrepo Osorno, Hernán Alonso (2009) *Evaluación del proceso de coagulación - floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. (Pregrado tesis). Universidad Nacional

- de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de:
http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf
- Rios, D. (2006). *Balance entre Riesgos biológicos y subproductos de la desinfección en el agua de bebida*. (Tesis Máster). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Recuperado de:
<http://www.elaguapotable.com/Riesgos%20bioilologicos%20y%20subproductos%20de%20la%20desinfecci%C3%B3n.pdf>
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Ruda, Mongiello & Acosta (2004). *Contaminación y salud del suelo* (p. 36-39). Argentina: Ediciones UNL
- Ruibal, A., Rodríguez, M., Ruiz, M., Bustamante, M & Angelaccio, C. (2005). *Cooperación sectorial privado-estatal en el abordaje de la problemática de desarrollos masivos de algas tóxicas*. Argentina: Instituto Nacional del Agua. Recuperado de:
<https://www.ina.gov.ar/pdf/Cirsa-Limnologia-10%20AlgasII.pdf>
- Salazar, L., Estrada, V.E & Velásquez, L.E. (2006). Effect of the exposure to *Fasciola hepatica* (Trematoda: Digenea) on life history traits of *Lymnaea cousini* and *Lymnaea columella* (Gastropoda: Lymnaeidae). *Experimental Parasitology*, 1(114), 77-83.
- Salomón, O & Rumi, A. (Eds.). (2012). *Moluscos de interés Sanitario en la Argentina*. Argentina: Ministerio de Salud. Recuperado de:
<http://www.msal.gob.ar/inmet/images/libro-moluscos.pdf>
- Sigler A, Bauder J. (2012). *Nitrato y Nitrito*. Montana, Estados Unidos: Recuperado de:
 Universidad Estatal de Montana
http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf
- Sri-aroon, P., Butraporn, P., Limsomboon, J., Kerdpuech, Y., Kaewpoolsri, M & Kiatsiri, S. (2005). Freshwater mollusks of medical importance in kalasin province, Northeast Thailand. *Revista de Medicina Tropical y Salud Pública del Sudeste Asiático*, 36(3),

653-657.

Recuperado

de:

<http://imsear.li.mahidol.ac.th/bitstream/123456789/34709/2/653.pdf>

Universidad de Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. (Ed). (2011). *Gestión de Residuos Orgánicos de Uso Agrícola* (p. 25- 31). España: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Recuperado de: <http://doczz.es/doc/128334/gesti%C3%B3n-de-residuos-org%C3%A1nicos-de-uso-agr%C3%ADcola>

Vásquez, G., Herrera, L., Cantera, J., Galvis, A., Cardona, D & Hurtado, I. (2012). Metodología para determinar niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 24(1), 112-128. Recuperado de: <http://www.ojs.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/index.php/accb/article/download/81/81>.

Zouiten, H. (2012). *Análisis mediante modelo avanzando de procesos de eutrofización en lagunas litorales: aplicación a masas de agua atlánticas y mediterráneas* (Tesis doctoral). Universidad de Cantabria, Santander, España. Recuperado de: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/96870/TesisHZ.pdf?sequence=1>

11. ANEXOS

Anexo 1. Folleto del Kit de dureza total.

de contenidos altos, bloquearlos. Por esta razón con tuberías de cobre, deje fluir suficiente agua antes de la toma de la prueba.

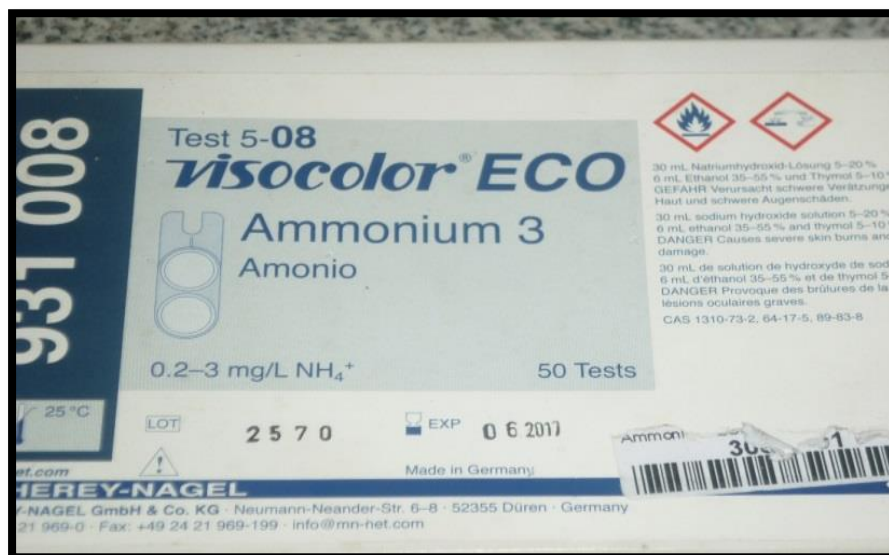
Tabla de conversión:

°d	°e	°f	mg/L CaO	mg/L CaCO ₃	mmol/L
1	1,3	1,8	10	18	0,18
2	2,5	3,6	20	36	0,36
3	3,8	5,4	30	54	0,54
4	5,0	7,1	40	71	0,71
5	6,3	8,9	50	89	0,89
6	7,5	10,7	60	107	1,07
7	8,8	12,5	70	125	1,25
8	10,0	14,3	80	143	1,43
9	11,3	16,1	90	161	1,61
10	12,5	17,8	100	178	1,78

Indicaciones:
 Para la determinación de la dureza total en presencia de los iones cobre, contacte con MACHEREY-NAGEL para obtener instrucciones especiales de trabajo.
 Los juegos VISOCOLOR® ECO Dureza total y VISOCOLOR® ECO Calcio (REF 931 012) son adecuados también para la determinación de magnesio:

Fotografía: Los autores (2017)

Anexo 2. Test Visocolor ECO Ammonium 3.



Fotografía: Los autores (2017)

Anexo 3. Quatofix Nitrat-Nitrit.



Fotografía: Los autores (2017)

Anexo 4. Listado de asistencia.

Asegúrese que se encuentre utilizando la versión actualizada de este registro. Consulte en <http://calidad.unad.edu.co>

Manejo integral de *M. tuberculata* y *L. columella* en la planta de abastecimiento

REGISTRO DE ASISTENCIA A ENCUENTRO TUTORIAL Y DE ASESORÍA ACADÉMICA

1. ENCUENTRO TUTORIAL:		<input type="checkbox"/> ASesoría A EN GRUPO <input type="checkbox"/> ASesoría INDIVIDUAL		2. CEAD / UDR CCAY / CERES	3. FECHA
4. CURSO	5. CÓDIGO	6. DOCENTE			
7. FASE DE APRENDIZAJE:		8. ACTIVIDAD EVALUATIVA		9. TEMA DESARROLLADO	
<input type="checkbox"/> RECONOCIMIENTO <input type="checkbox"/> PROFUNDIZACIÓN <input type="checkbox"/> TRANSFERENCIA					

Nº	10. CÓDIGO	11. NOMBRES	12. APELLIDOS	13. PROGRAMA ACADÉMICO	14. ST / CV	15. CORREO ELECTRÓNICO	16. PRODUCTO DE CONTACTO	17. FIRMA
1	31656327	Lupita	Fernanda Soto Alcarate			lupifer2014@hotmail.com	317933311	
2	61189734	Carlos Alberto	Begonia Becerra				315446339	
3	6189781	Reduán	Carolina Rave				3155110587	
4	6189669	Manel	Díaz					
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Fotografía: Los autores (2017)

<p>Realizado por los estudiantes de Ing. Ambiental Angélica María Arango C.C.1113.629.385. Luis Felipe Arango C.C.1113.630.754. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.</p> <p>ENCUESTA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE MELANOIDES TUBERCULATA Y LYMAEA COLUMBIA EN LA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREOINTEIRO E, VINCULO (BUJA-VALLE DEL CAUCA).</p> <p>DATOS DEL ENCUESTADO</p> <p>Nombre: <u>Luis Fernando Soto Acuña</u></p> <p>Institución: <u>ASURCOVI</u></p> <p>Cargo: <u>Asesor</u></p> <p>Teléfono: <u>315 5191308 - 2559107</u></p> <p>E-mail: <u>asurcovi@gmail.com</u></p> <p>1. ¿Sabe que normalidad regula la calidad del agua físicos y químicos como: pH, conductividad, nitratos, nitrógeno, sales disueltas, entre otros?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>2115 de 2007</u></p> <p>2. ¿Conoce usted los riesgos a la salud transmitido por los caracoles presentes en los tanques de agua potable?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>en la Estación?</u></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u></u></p> <p>4. ¿Conoce usted a parte del otro otros medidas para el control de tratamiento de algas y caracoles en la Planta de abastecimiento de agua potable?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u></u></p> <p>6. ¿Conoce las actividades agropecuarias que se realizan en los alrededores del río Sotelo?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>café, maíz, granadilla</u></p>	<p>Realizado por los estudiantes de Ing. Ambiental Angélica María Arango C.C.1113.629.385. Luis Felipe Arango C.C.1113.630.754. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.</p> <p>ENCUESTA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE MELANOIDES TUBERCULATA Y LYMAEA COLUMBIA EN LA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREOINTEIRO E, VINCULO (BUJA-VALLE DEL CAUCA).</p> <p>DATOS DEL ENCUESTADO</p> <p>Nombre: <u>Carlos R. Bizarono</u></p> <p>Institución: <u>ASURCOVI</u></p> <p>Cargo: <u>Fontanero</u></p> <p>Teléfono: <u>315 646 3309</u></p> <p>E-mail: <u></u></p> <p>1. ¿Sabe que normalidad regula la calidad del agua físicos y químicos como: pH, conductividad, nitratos, nitrógeno, sales disueltas, entre otros?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>2115</u></p> <p>2. ¿Conoce usted los riesgos a la salud transmitido por los caracoles presentes en los tanques de agua potable?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u></u></p> <p>3. ¿Sabe que es la Estación?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>centrales</u></p> <p>4. ¿Conoce usted a parte del otro otros medidas para el control de tratamiento de algas y caracoles en la Planta de abastecimiento de agua potable?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u></u></p> <p>6. ¿Conoce las actividades agropecuarias que se realizan en los alrededores del río Sotelo?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>café, maíz, granadilla</u></p>	<p>Realizado por los estudiantes de Ing. Ambiental Angélica María Arango C.C.1113.629.385. Luis Felipe Arango C.C.1113.630.754. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.</p> <p>ENCUESTA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE MELANOIDES TUBERCULATA Y LYMAEA COLUMBIA EN LA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREOINTEIRO E, VINCULO (BUJA-VALLE DEL CAUCA).</p> <p>DATOS DEL ENCUESTADO</p> <p>Nombre: <u>Roberto Esneider Roca</u></p> <p>Institución: <u>ASURCOVI</u></p> <p>Cargo: <u>Fontanero controlista</u></p> <p>Teléfono: <u>315 511 5513</u></p> <p>E-mail: <u></u></p> <p>1. ¿Sabe que normalidad regula la calidad del agua físicos y químicos como: pH, conductividad, nitratos, nitrógeno, sales disueltas, entre otros?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>2115 2.007</u></p> <p>2. ¿Conoce usted los riesgos a la salud transmitido por los caracoles presentes en los tanques de agua potable?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>centrales</u></p> <p>3. ¿Sabe que es la Estación?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u></u></p> <p>4. ¿Conoce usted a parte del otro otros medidas para el control de tratamiento de algas y caracoles en la Planta de abastecimiento de agua potable?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u></u></p> <p>6. ¿Conoce las actividades agropecuarias que se realizan en los alrededores del río Sotelo?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> <p>En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>Zona agrícola y ganadera</u></p>
---	---	--

Fotografía: Los autores (2017)

<p>Realizado por los estudiantes de Ing. Ambiental: Ángela María Arango C.C. 1113.020.305, Luis Felipe Arango C.C. 1113.050.754, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD</p> <p>ENCUESTA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE MELAJANOS TUBERCULATA Y LYMAEA COLUMELLA EN LA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREGIMIENTO EL VÍNCULO (BUCA - VALLE DEL CAUCA)</p> <p>DATOS DEL ENCUESTADO</p> <p>Nombre: <u>Luis Fernando Soto A</u></p> <p>Institución: <u>UNAD</u></p> <p>Cargo: <u>Asesor</u></p> <p>Teléfono: <u>3185919308 - 2599107</u></p> <p>E-mail: <u>asotof@unad.edu.co</u></p> <p>1. ¿Sabe qué normalidad regula la calidad del agua físicos y químicos como pH, conductividad, nitritos, nitratos, sólidos disueltos, entre otros?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>21/15/2024</u></p> <p>2. ¿Conoce cuáles los riesgos a la salud transmitidos por los caracales presentes en los tanques de agua potable?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>esg@unad.edu.co</u></p> <p>3. ¿Sabe que es la Eutrofización?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>el aumento de determinados microorganismos en la planta de abastecimiento de agua potable</u></p> <p>4. ¿Conoce cuál el punto del ciclo de vida medidos para el control de tratamiento de algas y caracales en la Planta de abastecimiento de agua potable?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>controlar el tiempo del agua</u></p> <p>5. ¿Conoce las actividades agropecuarias que se realizan en los alrededores del río Bonito?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>manejo de ganado y agricultura</u></p>	<p>Realizado por los estudiantes de Ing. Ambiental: Ángela María Arango C.C. 1113.020.305, Luis Felipe Arango C.C. 1113.050.754, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD</p> <p>ENCUESTA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE MELAJANOS TUBERCULATA Y LYMAEA COLUMELLA EN LA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREGIMIENTO EL VÍNCULO (BUCA - VALLE DEL CAUCA)</p> <p>DATOS DEL ENCUESTADO</p> <p>Nombre: <u>Carlos Alberto Bernaldo C</u></p> <p>Institución: <u>Asesor</u></p> <p>Cargo: <u>Asesor</u></p> <p>Teléfono: <u>315 646 3389</u></p> <p>E-mail: <u></u></p> <p>1. ¿Sabe qué normalidad regula la calidad del agua físicos y químicos como pH, conductividad, nitritos, nitratos, sólidos disueltos, entre otros?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>21/15/2024</u></p> <p>2. ¿Conoce cuáles los riesgos a la salud transmitidos por los caracales presentes en los tanques de agua potable?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>esg@unad.edu.co</u></p> <p>3. ¿Sabe que es la Eutrofización?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>esg@unad.edu.co</u></p> <p>4. ¿Conoce cuál el punto del ciclo de vida medidos para el control de tratamiento de algas y caracales en la Planta de abastecimiento de agua potable?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>controlar el tiempo del agua</u></p> <p>5. ¿Conoce las actividades agropecuarias que se realizan en los alrededores del río Bonito?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>manejo de ganado y agricultura</u></p>	<p>Realizado por los estudiantes de Ing. Ambiental: Ángela María Arango C.C. 1113.020.305, Luis Felipe Arango C.C. 1113.050.754, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD</p> <p>ENCUESTA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE MELAJANOS TUBERCULATA Y LYMAEA COLUMELLA EN LA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREGIMIENTO EL VÍNCULO (BUCA - VALLE DEL CAUCA)</p> <p>DATOS DEL ENCUESTADO</p> <p>Nombre: <u>Harold Isidro Bernaldo</u></p> <p>Institución: <u>Asesor</u></p> <p>Cargo: <u>Asesor</u></p> <p>Teléfono: <u></u></p> <p>E-mail: <u></u></p> <p>1. ¿Sabe qué normalidad regula la calidad del agua físicos y químicos como pH, conductividad, nitritos, nitratos, sólidos disueltos, entre otros?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>21/15/2024</u></p> <p>2. ¿Conoce cuáles los riesgos a la salud transmitidos por los caracales presentes en los tanques de agua potable?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u></u></p> <p>3. ¿Sabe que es la Eutrofización?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>esg@unad.edu.co</u></p> <p>4. ¿Conoce cuál el punto del ciclo de vida medidos para el control de tratamiento de algas y caracales en la Planta de abastecimiento de agua potable?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>controlar el tiempo del agua</u></p> <p>5. ¿Conoce las actividades agropecuarias que se realizan en los alrededores del río Bonito?</p> <p><u>SI</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>NO</u> <input type="checkbox"/></p> <p>En caso que no respuesta sea SI, favor argumentar</p> <p><u>manejo de ganado y agricultura</u></p>
--	---	---

Fotografía: Los autores (2017)